LYNN
WHITE JR.

TECNICA E SOCIETÀ NEL MEDIOEVO

BIBLIOTECA
DI STORIA
MEDIOEVALE
E MODERNA

IL SAGGIATORE

I tre saggi raccolti in questo volume forniscono alcune tra le testimonianze maggiori che la storiografia moderna possa offrire della fecondità di una storia della tecnica inserita nel contesto di una riflessione storica di largo respiro. Nel primo il White esamina, sulla base di vastissimi materiali archeologici e iconografici, l'influenza che l'introduzione della staffa e della nuova tecnica del combattimento d'urto a cavallo da essa resa possibile, ebbe sulla origine delle istituzioni feudali, designate appunto a consentire il mantenimento di una classe di guerrieri in grado di procurarsi i nuovi costosi attrezzi da guerra. Segue poi l'esame delle silenziose ma radicali innovazioni agrarie che si affermarono nelle pianure dell'Europa franco-germanica tra il VI e il X secolo: l'introduzione dell'aratro pesante a versoio, l'apparizione del cavallo come animale da lavoro per l'aratura, la rotazione agraria triennale. Fatti tecnici, questi, ai quali si legano innovazioni sociali di capitale importanza come l'introduzione dell'agricoltura fondata sulla comunità di villaggio e sull'*open field*, e, correlativamente, un incremento della produzione agricola e zootecnica sconosciuto alle regioni dell'Europa mediterranea, e nel quale andrebbe ricercato, a giudizio dell'autore, il segreto della superiore vitalità e creatività che l'Europa a nord delle Alpi rivela dopo il Mille. È in questa nuova società che si vengono ponendo le basi di un uso piú razionale delle fonti di energia e che si sviluppano innovazioni tecniche di sorprendente raffinatezza e ingegnosità: e l'ultimo dei saggi ne offre esempi di straordinario interesse. Nell'insieme, si tratta di ricerche di capitale importanza, destinate a influenzare durevolmente la nostra visione di alcuni momenti capitali della storia del Medioevo.

Lynn Townsend White jr., nato a San Francisco nel 1907, compí gli studi universitari a Stanford e ad Harvard, dove nel 1934 conseguí il dottorato in filosofia. Professore nella Università di Stanford dal 1937, presidente del Mills College nel 1943-58, dal 1958 è professore nella Università di California, Los Angeles, e presidente della Society for History of Technology. La sua vasta e varia opera comprende, oltre a studi medievalistici, anche scritti su problemi generali di cultura e di educazione: *Latin Monasticism in Norman Sicily* (1938); *Educating our Daughters: a Challenge to Colleges* (1950); *Frontiers of Knowledge in the Study of Man* (1956). Di recente ha inoltre curato una raccolta di saggi intorno al problema di Gibbon; la caduta dell'impero romano. Gli studi raccolti nel presente volume sono la rielaborazione di un corso tenuto nella Università di Virginia.

Lynn White jr.

TECNICA E SOCIETÀ NEL MEDIOEVO

Traduzione di Alessandro Barghini

10 illustrazioni

Il Saggiatore

© Oxford University Press, London 1962
© il Saggiatore, Milano 1967
Titolo originale: *Medieval Technology and Social Change*
Copertina di Anita Klinz
Prima edizione: ottobre 1967

Sommario

9 *Prefazione*

PARTE PRIMA
15 STAFFA, COMBATTIMENTO D'URTO A CAVALLO, FEUDALESIMO E CAVALLERIA

17 I La teoria classica delle origini del feudalesimo ed i suoi critici
29 II L'origine e la diffusione della staffa
41 III Il combattimento d'urto a cavallo e l'atmosfera della vita feudale

PARTE SECONDA
83 LA RIVOLUZIONE AGRARIA DELL'ALTO MEDIOEVO

86 I L'aratro e il sistema delle comunità di villaggio
101 II Il cavallo come animale da lavoro
112 III La rotazione triennale e i miglioramenti della nutrizione
120 IV Lo spostamento a nord del centro di gravità dell'Europa

PARTE TERZA
145 RICERCHE MEDIOEVALI SULL'ENERGIA MECCANICA E SULLE MACCHINE

146 I Le fonti di energia
166 II Lo sviluppo della progettazione
186 III Il concetto di una tecnologia dell'energia

233 *Tavole*
241 *Indice analitico*

Tecnica e società nel Medioevo

Alla memoria di Marc Bloch

Non contemnenda quasi parva sine quibus
magna constare non possunt

San Girolamo

Prefazione

La storia, al contrario di quel che dice Voltaire, è una serie di scherzi che i morti hanno giocato agli storici. Una delle nostre maggiori illusioni è la convinzione che i documenti scritti sopravvissuti ci possano fornire un quadro abbastanza fedele e preciso dell'attività umana del passato. «Preistoria» è definito il periodo per il quale tali documenti non sono disponibili. Ma fino a tempi molto recenti la maggior parte dell'umanità è vissuta in una «sottostoria» che è una continuazione della preistoria. Né questa era solo la condizione degli strati inferiori della società. Ad esempio nell'Europa medioevale, fino alla fine dell'XI secolo, le notizie sull'aristocrazia feudale ci provengono in gran parte da opere di chierici, le quali riflettono naturalmente una mentalità ecclesiastica: i cavalieri non ci parlano dunque essi stessi. Solo piú tardi i mercanti, gli artigiani ed i tecnici cominciano a far parte a noi dei loro pensieri. Il contadino poi fu l'ultimo a farci sentire la sua voce.

Gli storici, se intendono scrivere la vera storia dell'umanità, e non semplicemente la storia quale è stata vista da quelle esigue minoranze specializzate che avevano l'abitudine di imbrattar carte, devono guardare con occhio nuovo ai documenti, porre loro nuove domande, ed usare tutte le risorse dell'archeologia, dell'iconografia e dell'etimologia per trovare risposte anche quando gli scritti dell'epoca tacciono.

Dal momento che, fino ai secoli piú recenti, la tecnologia è stata un'attività di gruppi che scrivevano poco, la funzione avuta dallo sviluppo tecnologico nella storia umana è stata trascurata. Questo libro ha quindi un triplice scopo. In primo luogo presenta tre studi sulla tecnologia e lo sviluppo sociale nel Medioevo europeo: uno sull'origine dell'aristocrazia secolare; uno sul dinamismo delle campagne nell'alto Medioevo, ed uno, infine, sul contesto tecnologico degli albori del capitalismo. In secondo luogo mostra il tipo di fonti ed i mezzi che devono essere usati da chi voglia esplorare quelle zone del passato per le quali non esistono documenti scritti, zone che comprendono ben piú che la storia della tecnologia. In terzo luogo dimostra che, molto prima di Vasco da Gama, le culture dell'emisfero orientale erano ben piú osmotiche di quanto la maggior parte di noi non credesse; sicché, per rintracciare fonti e propaggini di taluni progressi dell'Europa medioevale, si deve cercare a Benin, in Etiopia, a Timor, in Giappone e nell'Altai.

Poiché negli ultimi tempi molti hanno cominciato ad interessarsi dei rapporti fra la tecnologia ed i mutamenti nelle forme sociali, ho cercato di mantenere il testo del volume gradevolmente breve e scorrevole, sperando che cosí esso possa giovare anche ai non specialisti. Di conseguenza le note non sono soltanto una documentazione, ma spesso un contrappunto, il quale ora sviluppa quegli argomenti specialistici che avrebbero rallentato il ritmo del testo, ed ora esplora vie collaterali in regioni mal note che meriterebbero d'essere studiate monograficamente. Spero ardentemente che i lettori possano essere spinti a correggere gli errori e stimolati ad ampliare i temi inadeguatamente trattati, e che vogliano consentire a dividere con me la loro dottrina.

Longum erat tentare di ringraziare tutti per la gentile assistenza fornitami da tanti studiosi e biblioteche. Spesso la citazione fuggevole di un libro o una considerazione casuale mi hanno messo su di una nuova pista. Una volta, ad esempio, davanti a un piatto di maiale all'agrodolce in un ristorante cinese vicino alla Columbia University, l'antropologo Ralph Linton mi parlò di una sua teoria secondo la

quale l'introduzione dei fagioli nell'Arizona e nel Nuovo Messico avrebbe fornito la base alimentare per lo sviluppo della cultura dei *Cliff Dwellers* («abitatori di dirupi»). È stato solo molto tempo dopo la sua dolorosa scomparsa che compresi come un aumento della disponibilità di proteine poteva aver avuto qualche cosa a che fare con la grande vitalità dell'Europa della fine del x secolo. Il mio debito maggiore è però verso quegli studiosi dai quali ho tratto profitto solo attraverso i loro scritti, sopra tutti gli altri verso Marc Bloch, l'ingegno piú originale fra i medioevalisti del nostro secolo, il quale comprese che la tecnologia medioevale e l'evoluzione della società sono un campo unitario di ricerca. Egli accolse con entusiasmo critico le ricerche pionieristiche di Lefebvre des Noëttes sull'utilizzazione dell'energia animale, e scrisse opere, ormai divenute classiche, sulla tecnologia agraria medioevale e sulla diffusione del mulino ad acqua. È per questo che il libro è dedicato alla sua memoria.

Sono particolarmente grato alle autorità dell'Università di Virginia per avermi invitato a tenere le lezioni di storia intitolate a James W. Richard, delle quali questo libro è un'elaborazione. Ringrazio gli amministratori del Mills College, per avermi permesso una certa libertà da obblighi amministrativi per molti mesi alla fine del mio periodo di presidenza di 15 anni in quell'istituto; i reggenti dell'Università di California, per avermi concesso un congedo per ricerca all'inizio della mia nomina alla loro facoltà, e la fondazione John Simon Guggenheim per avermi dato la possibilità di accettare tale congedo.

Devo molto altresí ai musei ed alle biblioteche che mi hanno fornito le fotografie per il volume, ed a Rosalie Green, che presiede cosí amabilmente all'incomparabile Princeton Index of Christian Art.

Lynn White, Jr.

Department of History
University of California, Los Angeles

Parte prima
Staffa, combattimento d'urto a cavallo, feudalesimo e cavalleria

La storia dell'impiego del cavallo in battaglia si divide in tre periodi: quello dell'auriga, quello del cavaliere che si stringe al destriero con la pressione delle ginocchia, quello del cavaliere fornito di staffe.[1] In battaglia il cavallo ha sempre dato al cavaliere un vantaggio sul fante, e ad ogni miglioramento nel suo impiego militare sono stati connessi mutamenti sociali e culturali di vasta portata.[2]

Prima dell'introduzione della staffa la posizione del cavaliere era precaria [3] e, se il morso [4] e lo sperone [5] potevano servirgli al controllo del cavallo, ed una semplice sella [6] garantirgli la stabilità, egli era tuttavia ancora molto impacciato nella tecnica del combattimento, ed era essenzialmente un arciere mobile e un lanciatore di giavellotti. L'uso della spada era limitato perché «senza staffe, bastava che il vostro cavaliere, che sta menando gran fendenti, ne mandasse a vuoto uno, per ritrovarsi a terra».[7] Quanto alla lancia, prima dell'invenzione della staffa, essa era bilanciata col braccio ed il colpo veniva vibrato utilizzando la forza della spalla e dei bicipiti.[8] La staffa rese possibile – per quanto non lo esigesse – un metodo di attacco ben piú efficace: il cavaliere poteva ora tenere la lancia in resta, stretta tra il corpo e la parte superiore del braccio, ed attaccare il nemico vibrando il colpo non piú con il vigore dei muscoli, ma con il proprio peso unito a quello del destriero lanciato alla carica.

La staffa, consentendo un appoggio laterale in aggiunta a quello anteriore e posteriore offerti dal pomello e dall'arcione, saldava realmente il cavallo ed il cavaliere in una sola unità di combattimento capace di una violenza senza precedenti. La mano del guerriero non vibrava piú il colpo: lo guidava solamente.[9] Cosí la staffa sostituiva alla forza umana l'energia animale, ed aumentava enormemente le possibilità del guerriero di recar danno al nemico. Immediatamente, senza gradi intermedi, essa rese possibile il combattimento d'urto a cavallo, una nuova e rivoluzionaria maniera di combattere.

Quale fu l'effetto dell'introduzione della staffa in Europa?

I. La teoria classica delle origini del feudalesimo ed i suoi critici

Lo storico delle istituzioni franche troppo spesso richiama alla mente affaticata l'immagine di Elisa* sul ghiaccio: con le ipotesi strette al petto ed i critici che gli abbaiano alle calcagna, salta da una carta sospetta ad un capitolare ambiguo. I documenti scritti sui regni germanici sono scarsi e di difficile interpretazione: ci si sarebbe aspettato, dunque, da parte degli studiosi che indagano le origini del feudalesimo, ogni sforzo per integrarli con il materiale archeologico che, negli ultimi anni, ha cominciato a modificare profondamente le nostre idee sull'alto Medioevo. Ma ciò non è avvenuto: la vasta letteratura materiata di ingegnose controversie sulle origini del feudalesimo è stata prodotta essenzialmente da storici del diritto, e si occupa quindi quasi esclusivamente di esegesi dei testi.

La prima fase della discussione culminò nel 1887 con la pubblicazione del saggio di Heinrich Brunner *Der Reiterdienst und die Anfänge des Lehnwesens*:[10] il Brunner codificò, sintetizzò ed ampliò i risultati dei suoi predecessori in maniera cosí brillante che la sua è divenuta la teoria classica dell'inizio della società feudale.

Secondo il Brunner il feudalesimo era un fatto essenzialmente mili-

* Personaggio della *Capanna dello zio Tom* (1851-52) di Harriet Beecher Stowe, protagonista, col figlioletto Harry, di un'avventurosa fuga sul fiume Ohio ghiacciato. (*N. d. T.*)

tare,[11] un tipo di organizzazione sociale destinato a produrre e mantenere la cavalleria. I primi germani, compresi i franchi, avevano combattuto, in una certa misura, a cavallo, ma, via via che l'agricoltura sostituí la pastorizia come base della loro economia, l'uso della cavalleria venne declinando. I franchi, in particolar modo, giunsero a combattere quasi esclusivamente a piedi, e del resto la loro arma tipica, la *francisca*, era efficiente solo nelle mani della fanteria. Il Brunner riteneva che ancora nel 732 [12] l'esercito di Carlo Martello che si scontrò con i saraceni presso Poitiers fosse composto essenzialmente di fanti che, secondo le parole famose dello pseudo-Isidoro Pacense «restando immobili come un muro e, strettamente uniti come un blocco di ghiaccio, trucidano gli arabi con la spada».[13] Invece, in un resoconto della battaglia del Dyle, avvenuta nell'891, si dice che i «franchi non sono soliti combattere a piedi».[14] Quando ebbe dunque luogo presso i franchi questo passaggio dalla fanteria alla cavalleria?

Il Brunner indagò tra i documenti disponibili e concluse che gli eserciti di Carlomagno e dei suoi successori erano essenzialmente a cavallo. Nel 758 Pipino convertí il tributo dei sassoni da bovini in cavalli,[15] e già nel 755 il campo di marzo, il tradizionale raduno dell'armata franca, veniva spostato in maggio, probabilmente perché il numero dei cavalieri era divenuto cosí grande che era necessario piú foraggio di quanto non ne fosse disponibile in marzo.[16] La riforma militare dovrebbe quindi essere avvenuta fra la battaglia di Poitiers, da lui datata al 732, ed il 755.

Il Brunner volse allora la sua attenzione alle vaste e brutali confische di terre della Chiesa effettuate da Carlo Martello. Vi sono abbondanti prove che il grande Maestro di Palazzo confiscò e distribuí queste terre agli uomini del suo seguito allo scopo di rafforzare l'esercito. Nel 743 suo figlio Carlomanno giustificò il possesso di queste terre secolarizzate «propter imminentia bella et persecutiones ceterarum gentium quae in circuitu nostro sunt... in adiutorium exercitus nostri»;[17] per parte sua papa Zaccaria accettò questa situazione incresciosa «pro eo quod nunc tribulatio accidit Saracinorum, Saxonum vel Fresonum».[18] La destinazione a scopi militari di una parte considerevole dei vasti

possessi della Chiesa, voluta da Carlo Martello, fu quindi contemporanea allo spostamento del nerbo dell'armata franca dalla fanteria alla cavalleria.

Nessuno dei documenti rimastici connette esplicitamente questi due fatti,[19] ma, considerando le grandi spese necessarie al mantenimento dei cavalli da guerra, il Brunner concluse che in realtà essi erano in relazione. Carlo Martello aveva avuto qualche urgente necessità di aumentare subitamente la cavalleria a sua disposizione. Nell'economia agraria della Gallia dell'VIII secolo, nella quale la terra era la forma piú importante di ricchezza produttiva, e nella quale il sistema fiscale era rudimentale, i guerrieri a cavallo potevano essere mantenuti in gran numero solo con dotazioni terriere; i possessi della Chiesa erano disponibili allo scopo,[20] ed egli li confiscò e li distribuí ad un corpo piú numeroso di seguaci, a condizione che lo servissero a cavallo. Il mancato adempimento di quest'obbligo militare comportava la perdita della concessione tenuta sotto tale obbligo. L'antica consuetudine di giurare fedeltà ad un capo (vassallaggio) fu fusa con la concessione di un fondo (beneficio), e il risultato fu il feudalesimo. Elementi protofeudali e signoriali saturavano, naturalmente, le fluide società celtiche, germaniche, tardo romane e merovinge; ma fu il bisogno di cavalleria sentito dai primi Carolingi che precipitò e cristallizzò queste anticipazioni, dando vita al feudalesimo medioevale.

Il Brunner tentò infine di scoprire quale necessità militare inducesse Carlo Martello a tali drastiche ed improvvise misure. Certamente i nemici settentrionali del regno franco non facevano largo impiego della cavalleria, e le campagne contro gli avari avvennero troppo presto o troppo tardi per aver peso in questa riforma. L'invasione musulmana sembrava invece fornire la spiegazione.[21] Il Brunner riteneva che i musulmani fossero a cavallo; dopo che a Poitiers le loro cariche si furono infrante contro la «barriera di ghiaccio» degli scudi franchi, Carlo Martello si era trovato nell'impossibilità di profittare, con l'inseguimento, della sua vittoria per la lentezza della fanteria. Decise quindi di creare un'adeguata forza a cavallo che avrebbe dovuto essere finanziata con la confisca delle proprietà ecclesiastiche. Cosí, con-

cludeva Brunner, la crisi che generò il feudalesimo, l'evento che nè spiega lo sviluppo quasi esplosivo [22] verso la metà dell'VIII secolo, fu l'invasione araba.

La sintesi del Brunner è stata al centro di tutte le discussioni successive sulle origini del feudalesimo europeo, ed ha resistito molto bene ad assalti mossi da tutte le direzioni.

L'attacco principale è venuto dagli storici militari, i quali affermano che nel secondo quarto dell'VIII secolo non ha avuto luogo alcun mutamento decisivo nei metodi di combattimento. Tuttavia, come ha notato uno studioso britannico, le loro argomentazioni «sono alquanto confuse e, in un certo senso, si confutano a vicenda».[23] Un partito afferma infatti che il passaggio dalla fanteria alla cavalleria iniziò con la disgregazione della legione romana, e fu un processo che si protrasse per secoli e sotto Carlomagno ebbe soltanto il suo compimento.[24] La corrente opposta sostiene che le armate di Carlomagno avevano una cavalleria ben piú esigua della fanteria, che era composta dalle leve degli uomini liberi franchi.[25]

Quest'ultimo punto di vista può essere esatto sotto il profilo numerico: i fanti in realtà non sono mai stati eliminati dagli eserciti medioevali; al contrario, mentre si sviluppava il combattimento d'urto a cavallo, essi continuavano ad essere essenziali, soprattutto come arcieri.[26] Ma non è stata portata alcuna prova capace di invalidare la conclusione del Brunner che sotto i primi Carolingi la forza d'urto dell'esercito franco venne ad essere formata, rapidamente ed in misura sempre crescente, da cavalieri feudali. Come mostrano i regolamenti emanati ad Aquisgrana nell'807,[27] l'esercito di Carlomagno era composto in teoria di due parti: la prima formata da titolari di benefici, ciascuno con il proprio seguito; la seconda da coloro che servivano in qualità di uomini liberi, e non per possessi ricevuti. Gli editti di Carlomagno menzionano spesso il servizio militare dovuto da tutti i liberi, la maggior parte dei quali, per motivi economici, doveva certo combattere a piedi. Ma non sappiamo fino a che punto queste leve fossero effettivamente chiamate a prestare servizio personale nell'esercito; d'altro canto ci risulta che Carlomagno faceva del suo meglio per

trarre dei cavalieri anche da questa classe di proprietari terrieri piú poveri, che egli organizzava in gruppi secondo l'estensione dei loro possessi in modo che ciascun gruppo dividesse le spese per inviare un guerriero a cavallo all'assemblea.[28] Tuttavia, dal momento che il diritto segue di solito il fatto, non ci si può aspettare che l'evoluzione dalla fanteria alla cavalleria sotto Carlo Martello si rifletta in una qualche formale rinuncia del nipote ad un diritto al servizio, che riposava su molti secoli di precedenti, e poteva essere utile all'occasione; ma, per quanto riguarda la prassi, è significativo che l'unico bando militare di Carlomagno, rivolto ad un magnate del regno che ci sia pervenuto, quello all'abate Fulrado di Vermandois e Lobbes, fra l'804 e l'811, parli in dettaglio di cavalieri, ma non dica che ci si attendesse dall'abate l'invio di fanti per la guerra.[29]

Di gran lunga piú pericolosa, per la teoria del Brunner, è la tesi, già menzionata, che l'età della cavalleria non inizi nell'VIII secolo, ma nel IV o anche prima. La battaglia di Adrianopoli (378 d. C.), nella quale la cavalleria germanica ebbe un ruolo determinante nella disfatta delle legioni romane, è stata spesso considerata la svolta decisiva nella storia militare fra l'età antica e medioevale. Secondo le parole di Sir Charles Oman: «Il goto scoprí che la sua forte lancia ed il suo buon destriero gli avrebbero permesso di travolgere i ranghi serrati della fanteria imperiale. Egli era divenuto l'arbitro della guerra, l'antenato in linea diretta dei cavalieri medioevali, colui che inaugurò quel predominio dell'uomo a cavallo, che sarebbe durato per mille anni.»[30]

Un attento esame degli avvenimenti di Adrianopoli non conferma tale affermazione.[31] Risulta infatti che solo una modesta parte dell'armata visigotica era composta di cavalieri; quando le forze imperiali si misero in marcia per attaccare le fortificazioni dei carri germanici, la cavalleria dei barbari era alla ricerca di foraggio, per quanto si sapesse che l'esercito romano era vicino; i romani, inoltre, schierarono la linea di battaglia senza tener conto della possibilità che la cavalleria nemica potesse ritornare per prendere parte allo scontro. Si può quindi concludere che né l'imperatore Valente né Fritigerno, il comandante dei goti, consideravano gli uomini a cavallo

un elemento importante nell'esercito dei barbari. Valente schierò al centro la fanteria e la cavalleria sulle ali: l'ala destra avrebbe dovuto iniziare l'attacco, ma la fanteria, nervosa e eccitabile a causa di una marcia di otto miglia sotto il sole di agosto, aprí con impeto il combattimento, distruggendo cosí i piani tattici di Valente. Proprio in quel momento i cavalieri goti, richiamati da Fritigerno, apparvero senza preavviso ed attaccarono l'ala destra romana, di fianco o forse anche alle spalle, seminando lo scompiglio. Poi una parte della cavalleria germanica aggirò i romani alle spalle per attaccare l'ala sinistra imperiale: la manovra fu cosí ripetuta, mentre un'orda di fanti barbari usciva dal cerchio dei carri lanciando frecce e giavellotti, insieme con i cavalieri, contro il folto dei legionari. Appare chiaro perciò che la battaglia di Adrianopoli non dimostrò la superiorità della cavalleria sulla fanteria: i cavalieri goti sbaragliarono i romani già confusi dalla loro stessa indisciplina, non perché fossero piú forti, ma piuttosto per aver effettuato un attacco di sorpresa, che fu quasi un'imboscata.

L'impiego della cavalleria nei primi secoli dell'èra cristiana richiede un'analisi ben piú accurata di quanto finora non sia stato fatto. Due fatti contemporanei aumentarono in certa misura l'efficienza del guerriero a cavallo. Il piú importante fu l'adozione della sella, giunta in Occidente nel I secolo d. C. quale innovazione barbara,[32] che sostituí gradualmente il vecchio sistema della coperta e del cuscino. La sella, con l'arcione, per quanto non desse al cavaliere una stabilità laterale, condizione necessaria per il combattimento d'urto, gli impediva di cadere all'indietro. In secondo luogo un nuovo tipo di equino, il cavallo pesante, antenato del destriero medioevale e del cavallo da tiro, apparve in Occidente probabilmente durante il I secolo d. C.[33] Questo animale poteva portare un soldato con armatura pesante, e poteva anche esser corazzato esso stesso.

Furono probabilmente la sella ed il cavallo pesante che stimolarono fra i popoli dell'Asia centrale i primi esperimenti di nuovi metodi di combattimento equestre. Alcuni scavi presso il lago di Aral hanno mostrato che, durante il VI secolo a. C., i massageti andavano perfezionando un tipo di cavalleria pesante, con una corazza abbastanza

massiccia sia per il cavallo che per il cavaliere; quest'ultimo armato normalmente di arco, ma a volte di una lunga lancia.[34] Dalle figurazioni [35] sappiamo che queste lance all'atto della carica erano tenute con ambedue le mani, e forse un passo di Valerio Flacco [36] indica che il colpo era portato insieme dal cavaliere e dal cavallo. Anche se la lancia tenuta all'estremità del braccio non avrebbe potuto mai vibrare un colpo pari a quello di una lancia tenuta in resta sotto la spalla, tuttavia, per alcuni rispetti, la lancia a due mani rappresentava un progresso rispetto alla lancia tenuta con una mano sola. La conferma si ha in quelle figurazioni nelle quali la lancia a due mani è fornita di pennoncello:[37] difficilmente la lancia a una sola mano avrebbe potuto trafiggere un nemico tanto profondamente da render difficile l'estrazione della punta; la lancia a due mani invece poteva a volte penetrare tanto profondamente da impedirne l'estrazione, disarmando cosí, con suo grave rischio, il guerriero vincitore. Il pennoncello, come la coda di cavallo attaccata sotto la punta della lancia mongola,[38] era un accorgimento per evitare una penetrazione troppo profonda e permettere l'estrazione.

Ma chi immagina che il *clibanarius* sarmatico sia stato il modello del cavaliere medioevale, trascura due punti essenziali anche a prescindere dalla minore forza d'urto della lancia a due mani in confronto alla lancia in resta. In primo luogo la lancia a due mani costringeva il guerriero a lasciare le redini sul collo del cavallo e guidarlo solo con la voce e la pressione delle ginocchia proprio nel momento piú critico della battaglia, il che doveva essere estremamente pericoloso, specie se il cavallo era ferito. Al contrario, nella carica, il cavaliere medioevale con la lancia in resta teneva le redini con la mano sinistra,[39] e con un morso efficiente e crudele esercitava il massimo controllo sul cavallo. In secondo luogo la lancia a due mani non poteva essere usata insieme allo scudo. Ciò significava che, mentre essa era estremamente efficace contro i fanti, una battaglia fra due gruppi di cavalieri entrambi armati con lance a due mani, avrebbe portato ad un suicidio generale. Per il cavaliere dell'Europa feudale lo scudo tenuto col braccio sinistro era importante quanto la lancia tenuta sotto il braccio destro; la loro unione offriva un equilibrio fra offesa e difesa, che era

una esigenza fondamentale per il combattimento d'urto, e che era assente invece dalle tecniche di combattimento con lancia a due mani sperimentate nell'Asia centrale.[40]

Ciò che avveniva nel cuore dell'Asia stimolò senza dubbio l'adozione, sia nell'impero iranico che in quello romano d'Oriente, dei pesanti cavalieri catafratti; ma la famosa descrizione di questi guerrieri dovuta a Procopio mostra che essi erano soprattutto arcieri corazzati, armati probabilmente di spade, piccoli scudi e, a volte, di lance leggere tenute con una sola mano.[41] D'altronde nessun critico del Brunner ha fino ad ora portato prove adeguate di un sensibile aumento di combattimenti a cavallo nei regni germanici d'Occidente prima della metà dell'VIII secolo. E, se il seguito e la guardia del corpo dei re e dei grandi capitani erano a cavallo, sembra però che anche questa *élite* usasse il cavallo soprattutto per avere una maggiore mobilità, e che smontasse per combattere.[42]

Gli oppositori del Brunner [43] hanno dato tanto rilievo all'importanza della cavalleria nel regno visigotico che noi oggi fortunatamente disponiamo, grazie alla penna dell'eminente storico spagnolo Claudio Sánchez-Albornoz, di uno studio ben piú dettagliato di quanti ne esistano sull'argomento per altri paesi della stessa epoca. Egli concluse che, mentre vi sono ampie prove sulla continuità di una tradizione militare della cavalleria in Spagna, dai tempi celtiberici in poi, non vi è però alcun fondamento per ritenere che la cavalleria sia stata l'arma piú importante dell'esercito visigotico.[44]

L'ipotesi del Brunner ha dunque resistito all'attacco degli storici militari, i quali sostenevano l'impiego della cavalleria da parte dei franchi. Ma anche gli studiosi di storia delle istituzioni hanno tentato di confutarla, specialmente intorno al 1930, insistendo che l'unione di beneficio e vassallaggio è di gran lunga anteriore all'VIII secolo, che la consuetudine di richiedere una prestazione militare in cambio del godimento delle terre non è un'innovazione dell'VIII secolo, e che, di conseguenza, la secolarizzazione delle terre della Chiesa compiuta da Carlo Martello non ebbe un ruolo decisivo nello sviluppo del feudalesimo.[45] Tuttavia il consenso con le tesi del Brunner ha infine raggiunto

proporzioni difficilmente riscontrabili nel mondo degli studiosi.[46] Come Carl Stephenson ha notato: «È una questione di secondaria importanza se il beneficio militare sia stato o no un'invenzione dell'VIII secolo. Ciò che in realtà interessa è piuttosto l'ampio diffondersi del possesso feudale nel periodo successivo.»[47] Persino Sánchez-Albornoz, che nei suoi studi sulla Spagna visigotica è quasi giunto a dimostrare l'esistenza di relazioni simili a quelle feudali prima dell'età carolingia, va cauto nel definirle «protofeudali» ed insiste che il reale sviluppo di tali istituzioni avvenne nel regno franco dell'VIII secolo.[48]

D'altra parte non ha avuto neppure gran successo il tentativo di dimostrare [49] che la quantità di terre confiscate e distribuite ai vassalli dai primi Carolingi fosse relativamente esigua. Il Lesne [50] ritiene sia stata rilevante: ed il Brunner è stato forse troppo cauto quando ha affermato che la secolarizzazione fu meno severa in Neustria che non in Austria,[51] ché vassalli si trovano ovunque in gran numero [52] nell'impero di Carlomagno. Verso il 745 sia monasteri che vescovati ricevevano un *census* come compenso parziale per i possessi perduti.[53] Per riuscire a compiere la loro profonda riforma militare i primi Carolingi avevano bisogno di ampie estensioni di terre, e difatti le loro confische furono tanto drastiche da ridistribuire una parte considerevole delle ricchezze del regno.

Arriviamo cosí ancora una volta al problema cruciale nello studio delle origini del feudalesimo: perché mai Carlo Martello e i suoi immediati successori sfidarono la collera della Chiesa confiscando le proprietà ecclesiastiche per dotarne la cavalleria? Quale situazione militare li costrinse a non tener conto dei pericoli della censura ecclesiastica e delle ingiunzioni della morale convenzionale?

Il Brunner trovò la risposta nell'invasione saracena. Egli affermò che Carlo Martello si era accorto che, nonostante la vittoria di Poitiers, i franchi avrebbero avuto bisogno di un'adeguata cavalleria per respingere definitivamente gli eserciti musulmani a cavallo.

Ma la battaglia di Poitiers fu davvero una crisi cosí grave? E i musulmani erano davvero considerati dai contemporanei il pericolo piú grande per il regno franco? Vien fatto di sospettare che l'attuale opi-

nione comune sia basata, piú che sui fatti, sulla retorica con la quale il Gibbon presentò all'immaginazione inorridita degli agnostici del XVIII secolo lo spettacolo di una Oxford intenta a studiare il Corano, e di un'Europa abituata alla circoncisione, se il maglio di Carlo Martello avesse colpito con minor violenza.[54] In verità Carlo Martello volse la sua attenzione all'Islam solo dopo aver consolidato il suo regno.[55] D'altronde l'unica fonte contemporanea che collega la riforma militare con le incursioni musulmane è la lettera di papa Zaccaria già menzionata,[56] che fa riferimento alla «tribulatio Saracinorum, Saxonum vel Fresonum»; e l'opinione dell'immediata posterità sull'importanza dei tre nemici è esemplificata dal fatto che, quando sotto Ludovico il Pio le pareti del palazzo di Ingelheim furono decorate con affreschi illustranti le gesta dei grandi condottieri, Carlo Martello non fu rappresentato a Poitiers, ma invece durante la conquista della Frisia.[57] Certo, Carlo Martello, una volta sconfitti i musulmani, non si curò per molti anni di dare un seguito alla sua vittoria; e già questo potrebbe dimostrare che l'invasione islamica non era un motivo sufficiente per giustificare la riorganizzazione della società franca in funzione di un rafforzamento della cavalleria.

Si aggiunga che il Brunner riteneva che la battaglia di Poitiers fosse stata combattuta nel 732: solo nel 1955 si è saputo che la data esatta è il 733.[58] Ma la prima confisca di terre ecclesiastiche per la distribuzione ai vassalli ebbe in effetti luogo nel 732, quando Carlo Martello requisí le terre del vescovo di Orléans e di altri, cosí che «honores eorum quosdam propriis usibus annecteret, quosdam vero suis satellitibus cumularet».[59] Poitiers non può quindi aver ispirato la politica di confisca di Carlo per lo sviluppo della cavalleria. Le riforme militari erano cominciate un anno prima, sebbene non avessero ancora modificato la struttura delle forze franche quando queste si scontrarono con gli invasori musulmani.

Ed infine, Brunner era nel giusto quando riteneva che a Poitiers i saraceni spagnoli combattessero a cavallo? Certo nei primi anni del IX secolo i franchi li ricordavano come «Mauri celeres... gens equo fidens».[60] Ma qui ancora una volta le profonde e definitive ricerche di

Sánchez-Albornoz sulle fonti arabe hanno chiarito il problema. Egli ha dimostrato che anche venti anni dopo la morte di Carlo Martello i musulmani spagnoli impiegavano solo piccole unità di cavalleria, e che fu solo dalla seconda metà dell'VIII secolo che il nerbo dei loro eserciti non fu piú la fanteria, ma la cavalleria.[61] Non sarà avvenuto forse che i figli del profeta abbiano imitato i franchi, e non invece il contrario? Ad ogni modo oggi appare chiaro che non fu il pericolo musulmano a provocare la riforma militare di Carlo Martello ed il conseguente sviluppo del feudalesimo in Europa.

Contro questa, soltanto un'altra teoria sulla confisca e distribuzione delle terre della Chiesa è stata discussa ampiamente: quella del Roloff,[62] il quale suggerisce che il grande *major palatii* – un bastardo ed usurpatore – stesse tentando di rafforzare la propria posizione politica con una munificenza che avrebbe attratto nel suo seguito la maggior parte dei magnati del regno. Ma il Mangoldt-Gaudlitz[63] obietta irrefutabilmente che, in primo luogo, una tale drastica azione avrebbe indubbiamente creato a Carlo un seguito secolare, ma nello stesso tempo avrebbe rischiato di sollevare la pericolosa inimicizia della Chiesa, la sola autorità che avesse il potere di legittimare – come del resto fece – la sua dinastia; in secondo luogo Carlo Martello, da esperto guerriero quale era – Isidoro Pacense lo chiama «ab ineunte aetate belligerum et rei militaris expertum»[64] – sarà stato piú probabilmente mosso da considerazioni militari che politiche; in terzo luogo la situazione politica dei figli di Martello, Carlomanno e Pipino, era tanto sicura che le nuove immense confische di terre ecclesiastiche possono essere spiegate meglio da ragioni militari. Ma se, a differenza del Mangoldt-Gaudlitz, non possiamo accettare l'ipotesi del Brunner sull'invasione musulmana, quale trasformazione o crisi militare avvenuta nel decennio 730-740 può spiegare questi importanti avvenimenti?

Questa magnifica struttura ipotetica rimane intatta nel suo insieme, salvo che nella chiave di volta. Ci troviamo di fronte, durante il regno di Carlo Martello, Carlomanno e Pipino, ad un dramma straordinario privo di una motivazione. Un improvviso ed urgente bisogno di cavalleria indusse i primi Carolingi a riorganizzare il regno secondo il

Cultura_in_Ita

sistema feudale per consentire il mantenimento di guerrieri a cavallo in numero molto maggiore che in precedenza: ci sfugge tuttavia la esigenza militare che determinò questa rivoluzione sociale.

La risposta a questo enigma non va cercata tra i documenti scritti, ma nell'archeologia. Essa è stata suggerita per la prima volta nel 1923, da un esperto di antichità germaniche, alla fine di una nota a piè di pagina ricca di divagazioni: parlando della frattura sociale che si determinò quando il nuovo e costoso metodo di combattere portò al sorgere di un'aristocrazia specializzata di guerrieri a cavallo, Friedrich Kaufmann notò, quasi come un ripensamento: «La nuova età è annunciata nell'VIII secolo da ritrovamenti archeologici di staffe.»[65]

II. L'origine e la diffusione della staffa

Le congetture *a priori* sull'origine della staffa sono state portate all'assurdo da A. von Le Coq,[66] il quale ha avanzato l'ipotesi che questa possa essere stata inventata o da una stirpe di cavalieri abituali (ad esempio i turcomanni), o altrimenti da un popolo di agricoltori sedentari (ad esempio i cinesi) costretti improvvisamente ad imparare a cavalcare per difendersi dalle incursioni dei nomadi. Come si vede non c'è nulla da guadagnare dai voli dell'immaginazione.

Le porte assire di bronzo, ora al British Museum, che illustrano una spedizione di Salmanasar III dell'853 a. C. mostrano il re a cavallo, con i piedi poggiati su quello che sembra essere un lungo poggiapiedi pendente da una sella a cuscino.[67] Ma è un esempio del tutto isolato, che non segna la nascita della staffa.

Certamente le staffe erano sconosciute nell'antichità non solo nel vicino Oriente, ma anche ai greci ed ai romani. La letteratura tace su di esse; le innumerevoli rappresentazioni di cavalieri dell'antichità ne sono prive,[68] e gli oggetti presentati dagli archeologi come staffe dell'età classica sono di dubbia identificazione o di discussa provenienza.[69] Ancora verso la fine del IV secolo Vegezio, l'ultimo autore classico che ci abbia lasciato una descrizione dei cavalli da sella, non ci dice nulla di esse.[70]

Una specie di staffa rudimentale apparve in India, verso la fine del

II secolo a. C., come si può vedere nelle sculture di Sanchi, Pathaora, Bhaja e Mathura: un sottopancia lento nel quale venivano infilati i piedi del cavaliere, e, piú tardi, una piccola staffa per il solo alluce.[71] Dal momento che la staffa per l'alluce non poteva essere usata da cavalieri calzati, la sua diffusione fu ostacolata dai climi piú freddi del Nord. Un cammeo dei Kūshān, oggi al British Museum e databile intorno al 100 d. C., mostra un cavaliere calzato con i piedi sostenuti da qualche cosa che sembra un gancio rigido pendente dalla sella (tav. 1).[72] Poiché tali uncini potevano con facilità impigliare il cavaliere, se egli fosse caduto, l'esperimento non si sarà forse rivelato soddisfacente, ma dimostra gli sforzi dei popoli del Pakistan settentrionale e dell'Afghanistan per adattare la staffa per l'alluce alle loro esigenze.

La staffa completa è probabilmente un'invenzione cinese. Appare in Cina in seguito alla grande ondata missionaria buddhista che si spinse, attraverso l'Afghanistan ed il Turkestan, fino al Regno di mezzo, portando con sé molti elementi della cultura indiana.[73] Era conosciuta nel Hunan, al piú tardi verso i primi decenni del V secolo, e la prima menzione della staffa nella letteratura cinese, nel 477 d. C., indica che allora era già comunemente in uso.[74] Ci rimangono raffigurazioni cinesi della staffa che risalgono agli anni 523,[75] 529,[76] 551,[77] 554,[78] 636[79] e 683[80] d. C.; altre, che non sono databili cosí esattamente, possono essere fatte risalire allo stesso periodo.[81] Dalla Cina la staffa si diffuse poi in Corea, durante il V secolo,[82] ed in Giappone, dove era conosciuta almeno dalla metà del VI secolo.[83]

I tentativi compiuti dal Rostovcev[84] e dall'Arendt[85] per attribuire le staffe agli antichi sarmati o agli sciti, sono privi di fondamento. Tuttavia, poiché sappiamo che durante il V secolo l'idea della staffa si era diffusa dall'India verso la Cina, attraverso il Khyber Pass, lungo l'antica via della seta, possiamo supporre che alcuni popoli dell'Asia centrale abbiano allora cominciato ad usarla. Ed infatti recentemente l'archeologo russo S. V. Kiselev ha datato al VI secolo alcune staffe provenienti da tombe turche dell'Altai.[86]

La datazione dei tumuli dei nomadi è però un lavoro estremamente

delicato. Le fosse disposte l'una accanto all'altra, possono essere state scavate a secoli di distanza, e le testimonianze di una non possono essere usate per datare quella vicina. Inoltre, a maggior confusione degli archeologi, in periodi di crisi vecchie tombe ricevevano a volte un secondo occupante; e la tumulazione, insieme al morto, dei beni di famiglia, che potevano essere stati tesorizzati per generazioni, complica il tentativo di datazione di tutte le tombe, eccetto che per quelle ricche, databili per mezzo di monete ed oggetti d'arte. Il cauto Tepluchov, dopo dieci anni di studio delle stratificazioni culturali del bacino del Minusinsk non ha potuto, al contrario di Kiselev, trovare traccia della staffa prima del VII secolo.[87] Le numerose staffe di Saltovo, nell'Ucraina, non sono anteriori all'VIII secolo,[88] e quelle trovate a Laida, presso Tambov,[89] ed a Pereslavl',[90] sono all'incirca della stessa epoca. La piú antica raffigurazione centro-asiatica della staffa, un graffito rupestre dell'Altai, non è decisiva in quanto probabilmente non è anteriore al 400 d. C., e non posteriore al 700.[91]

La nostra opinione sulla datazione dell'uso della staffa da parte delle popolazioni di cavalieri nomadi può essere influenzata dal fatto che l'Iran, nonostante i molti contatti con l'Asia centrale, non aveva familiarità con la staffa prima del VII secolo. Questa assenza è tanto piú strana, perché nel III e IV secolo i sassanidi conquistarono e governarono estese regioni dell'attuale Afghanistan e Pakistan,[92] dove a quel tempo esistevano probabilmente staffe ad uncino. Ma le molte e dettagliate rappresentazioni sassanidi di finimenti per cavallo non mostrano un solo paio di staffe: il famoso piatto d'argento dell'Ermitage che raffigura le staffe è ora giudicato di epoca post-sassanide, probabilmente delle regioni dell'Iran del Nord, ed è databile intorno al 700 d. C., o ad un periodo piú tardo.[93] Sfortunatamente l'avversione musulmana alla riproduzione di figure umane ed animali raggiunse l'Iran nel 641 d. C., e ci privò per molte generazioni di documenti iconografici. La filologia e la letteratura possono offrirci, tuttavia, delle testimonianze in merito.

Il Pelliot ha messo in rilievo[94] che dal momento che i persiani usano, per designare la staffa, il vocabolo arabo *rikāb*, questa deve

avere raggiunto la Persia verso la fine del VII secolo o l'inizio dell'VIII, quando la classe dominante e guerriera dell'Iran parlava arabo.

Nel IX secolo due storici del *Hadith*, Abu-Dāwūd (m. nell'888 d. C.) ed al-Tirmidhi (m. nell'883-93 d. C.) misero per iscritto una tradizione orale allora diffusa in Persia: «Ho visto 'Ali (morto il 661 d. C.) portare avanti un cavallo per calvalcare. Quando pose il piede nel *rikāb* disse "in nome di Dio" tre volte.»[95] Erano passati piú di 200 anni di tradizione orale, e che 'Ali abbia mai usato il *rikāb* è dubbio per il fatto che scrittori musulmani piuttosto precisi ci hanno lasciato un ricordo esatto e attendibile dell'introduzione della staffa, che risalirebbe, almeno nella sua forma metallica, a 33 anni dopo l'assassinio di 'Ali. Al-Jāḥiz (m. nell'868 d. C.) descrive il disprezzo del persiano Shū' ūbīyah per gli arabi. Questi avrebbe detto agli arabi: «Voi eravate abituati a cavalcare in battaglia i vostri cavalli a groppa nuda, e quando un cavallo aveva una sella questa era di cuoio, ma non aveva staffe. Ma le staffe sono fra i migliori finimenti da guerra, sia per il lanciere che maneggia la lancia, che per il guerriero che brandisce la spada, perché possono alzarsi in piedi su di esse od usarle come appoggio.» Al che al-Jāḥiz risponde: «Per quanto riguarda le staffe si sa che sono molto antiche, ma le staffe di ferro non erano usate dagli arabi prima dei giorni degli Azrakiti.»[96]

Il riferimento alla setta degli Azrakiti è spiegato da un passo degli scritti di un altro autore del IX secolo, al-Mubarrad (morto l'898 d. C.), che ci dice che «le staffe un tempo erano di legno, e si rompevano quindi molto facilmente, con il risultato che quando [il guerriero] voleva brandire la spada, o il lanciere vibrare la lancia, non avevano appoggi. Al-Muhallab ordinò quindi che fossero costruite in ferro, e fu cosí il primo ad avere staffe di ferro».[97] Nel 694 d. C. il generale al-Muhallab[98] stava conducendo nella Persia centrale una campagna contro gli Azrakiti, e dalle nostre fonti sembrerebbe che avesse appreso allora dai suoi nemici l'uso delle staffe, o almeno delle staffe di ferro.

Che cosa dobbiamo pensare dell'affermazione di al-Jāhiz e di al-Mubarrad che le staffe di legno o di cuoio sono di molto anteriori a quelle di ferro? Questo punto di vista è diffuso nelle opere di sto-

ria dell'equitazione,[99] ma è astratto e schematico ed è privo di un adeguato fondamento sia nell'archeologia che nelle raffigurazioni di finimenti da cavallo che ci sono pervenute. Come le staffe ad uncino, quelle di corda o di cuoio possono trascinare il cavaliere che venga disarcionato. Le staffe di legno costruite con le tecniche a disposizione degli antichi, se non erano sufficientemente rinforzate, non potevano essere abbastanza resistenti. È difficile pensare che popoli che lavoravano i metalli abbiano usato a lungo o su vasta scala staffe di corda, cuoio o legno senza sostituirle con altre di bronzo o di ferro, ma non è meno difficile ritenere che le staffe non metalliche non siano mai esistite per il semplice fatto che non hanno resistito fino agli scavi. I contraddittori persiani di al-Jāḥiz erano nel giusto su un punto essenziale: gli arabi erano giunti nell'Iran senza staffe. Possiamo concludere quindi che i musulmani ne siano venuti in possesso nel 694 d. C. in Persia, dove erano giunte di recente dal Turkestan, giacché erano sconosciute nel regno dei sassanidi.

Sia detto incidentalmente: è probabile che la prima forma indiana di sostegno per il piede del cavaliere, la cinghia (che poteva essere usata da un'aristocrazia che calzava sandali), raggiunse l'Arabia prima della staffa, e fu applicata ai cammelli con il nome di *gharz*.[100] Quando fu introdotto il *rikāb*, o staffa completa, essa fu adoperata sia per il cammello battriano che per il dromedario,[101] ed il *gharz* cadde in disuso. A giudicare dalle testimonianze moderne la seconda fase della staffa indiana, la staffa per l'alluce, si diffuse dovunque l'antica India avesse contatti con popolazioni le cui classi dirigenti andassero abitualmente a piedi nudi: ad est fino a Timor [102] e alle Filippine,[103] ad ovest fino all'Etiopia.[104] Dal momento che la regione dell'alto Nilo aveva frequenti contatti, in epoca romana,[105] con l'India, ci dobbiamo chiedere se una staffa di un tipo qualsiasi possa avere raggiunto l'Egitto dall'Etiopia.

Elementi contrari sono, in primo luogo il fatto che non si conosca nessun termine della lingua etiopica antica che designi la staffa, e che tutte le parole moderne della regione derivino dall'arabo *rikāb*;[106] in secondo luogo che non siano emerse tracce di staffe fra i numerosi

finimenti per cavalli delle tombe reali della Bassa Nubia fra il III ed il VI secolo,[107] in terzo luogo che nessuna rappresentazione copta della staffa possa essere datata con sicurezza prima degli avori del pulpito di Aquisgrana, che, dopo molte dispute, sono stati ora datati, con certezza, a poco prima del 750.[108] Si deve quindi concludere che la staffa giunse in Occidente attraverso l'Asia centrale.

Se si tiene conto dei costanti contatti dei bizantini con le popolazioni delle steppe, e della considerevole influenza che queste esercitarono sulle tecniche militari bizantine,[109] è probabile che Costantinopoli abbia ricevuto la staffa poco dopo la sua diffusione nelle grandi pianure dell'Asia sino alle regioni a nord del mar Nero. La prima menzione bizantina della staffa si trova in uno *Strategikon* – tradizionalmente attribuito all'imperatore Maurizio (582-602) – che per due volte parla di «staffe di ferro».[110] Anche se l'attribuzione di questo trattato militare non fosse mai stata discussa su altra base, le testimonianze sull'introduzione della staffa nell'Iran ci rendono circospetti. Considerando le lotte perpetue dell'impero d'Oriente, prima con i sassanidi e poi con il califfato, è forse possibile immaginare che questi continuassero ad ignorare la staffa per un secolo, se essa avesse fatto parte realmente dell'equipaggiamento ordinario dei guerrieri catafratti bizantini fino dal 600 circa? Trascurando i dati archeologici ed islamici sulla staffa, la discussione sulla datazione di questo *Strategikon* è stata combattuta quasi interamente sul terreno della filologia; ciò nonostante un numero considerevole di studiosi pone lo pseudo-Maurizio non già negli ultimi anni del VI secolo, ma nei primi dell'VIII,[111] una data che meglio si accorda con le altre notizie che possediamo sulla diffusione della staffa.

Nelle discussioni sullo *Strategikon*, ogniqualvolta le staffe vengono nominate, si suppone che i bizantini le abbiano ricevute dagli avari, i quali, a loro volta, le avrebbero portate dall'Asia centrale quando invasero per la prima volta la Pannonia nel 568. Nonostante i prodigiosi sforzi degli archeologi ungheresi,[112] la stratificazione dei materiali avari non è ancora chiara. Reperti «avari» sono sparsi cronologicamente, fra la fine del VI secolo e l'invasione dei magiari, di oltre

300 anni piú tarda. Gli avari ricevettero costantemente ed assimilarono correnti etniche ed influenze culturali diverse,[113] sicché essi, o i loro vicini bulgari kuturgur, possono ben essere stati il primo popolo europeo ad usare la staffa, ma l'epoca della sua introduzione è ancora incerta. L'opinione diffusa che alla fine del VI secolo gli avari avessero le staffe sembra poggiare sulla grande autorità dello Hampel, il quale sosteneva che se ne erano «datate con sicurezza» alcune negli scavi di Szent-Endre.[114] Tuttavia la tomba di Szent-Endre, che tanta importanza aveva nelle sue argomentazioni perché conteneva staffe e monete, non può essere del VI secolo: le monete non sono di Giustino I (518-27), ma anche di Foca (602-10),[115] ed in ogni caso esse forniscono solo un *terminus a quo*. Inoltre il Werner ha osservato [116] che proprio questa tomba è particolarmente incerta perché o è una tomba doppia, o è stata turbata successivamente da una seconda sepoltura. Non può quindi neppure essere usata, come ha tentato lo Csallány,[117] per dimostrare come gli avari possedessero la staffa verso il 620-30.

Le difficoltà che gli archeologi incontrano per datare l'arrivo della staffa fra gli avari sono palesate dalle argomentazioni di Kovrig, secondo il quale la necropoli di Jutas si sarebbe formata in modo tale che due tombe contenenti staffe sarebbero probabilmente anteriori ad una tomba contenente una moneta di Foca;[118] ma questa moneta può essere stata sepolta persino alcuni anni o alcune generazioni dopo la coniazione. Inoltre la tesi, patrocinata dallo Hampel, dell'esistenza di staffe avare del VI secolo, non ha piú seguito fra gli studiosi ungheresi, e vi è anzi la tendenza a spostare l'arrivo della staffa nel bacino danubiano sempre piú in giú nel VII secolo.[119] Ad ogni modo le staffe avare non possono essere piú utilizzate per sostenere la datazione al tardo VI secolo dello *Strategikon* dello pseudo-Maurizio.

Numerose staffe sono state trovate nella Prussia orientale ed in Lituania. O. Kleemann afferma che quelle scoperte nelle tombe 8, 9, 12 e 6/38 ad Elenskrug-Forst sono le piú antiche, forse le piú antiche di tutta l'Europa e, sulla base di alcune ceramiche, e specialmente sulla forma tarda di una fibula, le colloca nella prima metà del VII secolo.[120]

Per datare un prodotto della tecnologia che può essere stato introdotto come una novità mentre la necropoli era ancora usata per le inumazioni, si devono considerare le singole tombe piuttosto che il cimitero nel suo complesso. Le tombe numero 9 e 12 contenevano, oltre alle staffe, del materiale insufficiente per permettere una datazione precisa. La tomba 8 conteneva un vaso tipico non solo del VII, ma anche dell'VIII secolo.[121] La tomba 6/38 conteneva un vaso e due fibule di un tipo molto evoluto che l'Åberg fa risalire non ai primi anni, ma piuttosto alla metà del VII secolo.[122] Inoltre al tempo dell'inumazione queste fibule non erano nuove; una delle due era stata accuratamente riparata dopo una rottura.[123] Per le staffe di Elenskrug-Forst sarebbe quindi preferibile una datazione fra la fine del VII e l'inizio dell'VIII secolo.

Se gli avari avessero portato con sé la staffa dall'Asia centrale ci si dovrebbe aspettare che i longobardi fossero la prima popolazione germanica a riceverla, perché furono spinti dalla Pannonia in Italia dallo scontro con l'invasione avara del 568.[124] I longobardi erano stati sufficientemente cristianizzati da eliminare i cavalli dalle sepolture dei guerrieri, ma a volte, toccati forse da qualche resipiscenza pagana, ponevano nelle tombe briglie e persino selle. Nessuna di queste selle è però dotata di staffe, né l'assenza di staffe può essere imputata alla ruggine: morsi di ferro ed armi sopravvivono nelle tombe che hanno selle come ornamento. La tomba 119 a Castel Trosino è particolarmente importante perché contiene frammenti di un'armatura avara, un morso di ferro, resti di una sella, speroni, ma nessuna staffa.[125] Le sole staffe longobarde conosciute, una coppia molto bella in bronzo, sono emerse dalla tomba 41 di Castel Trosino: erano state poste dai genitori addolorati nella tomba di una bambina che aveva forse per esse un affetto infantile; ma, a giudicare dalla posizione, la tomba 41 è una delle piú recenti del cimitero, e risale probabilmente all'VIII secolo.[126]

Per il periodo merovingico le fonti letterarie tacciono sulle staffe.[127] Tuttavia il Veeck nel 1931,[128] seguito dal Müller-Karpe nel 1949 [129] affermò con argomentazioni archeologiche, che i germani ricevettero la staffa alla fine del VII secolo; a questo periodo verrebbero attribuiti

alcuni ritrovamenti da Andelfingen, Oetlingen e Pfahlheim nel Württemberg, e Budenheim nei pressi di Mainz.

Ma il Lindenschmidt, che ha pubblicato la staffa di Budenheim, era riluttante a datarla piú esattamente che come staffa «franca»,[130] e non vi sono motivi sufficienti per mutare questo giudizio. Quanto ai ritrovamenti di Andelfingen, né l'elenco del Veeck né la sua fonte parlano di staffe.[131] Il cimitero di Oetlingen poi era in uso durante il periodo di introduzione della staffa; da una tomba sono emersi uno sperone ed un morso, ma non staffe; in una vicina sono state trovate staffe.[132] Il cimitero di Pfahlheim è piú ricco, e copre lo stesso periodo: di sette sepolture con cavalli solo una, senza dubbio la piú tarda, contiene staffe.[133] Ma la prova che nella seconda metà del secolo VII i germani di questa regione non avessero staffe è fornita dal fatto che esse mancano dall'equipaggiamento completo per cavallo proveniente dalla tomba di un capo alemanno di questo periodo trovata nell'Alsazia.[134] Presumibilmente sia ad Oetlingen che a Pfahlheim le sepolture dei cavalli insieme ai guerrieri continuarono finché gli alemanni non furono effettivamente convertiti al cristianesimo, ovverosia fino a circa il 730.[135]

Dobbiamo quindi ritornare all'opinione dei vecchi archeologi tedeschi secondo i quali le staffe sono apparse per la prima volta in Occidente agli inizi dell'ottavo secolo.[136]

Oltre alle staffe di Oetlingen e di Pfahlheim, vi sono stati ritrovamenti di questo periodo a Wilflingen [137] e forse a Gammartingen-Simaringen,[138] ambedue nel Württemberg, a Windecken, nell'Assia,[139] e forse a Bingen sul Reno.[140] Da quella data le fatiche di san Bonifacio e dei suoi missionari per persuadere i germani pagani che nudi si varca la soglia del paradiso,[141] riuscirono a bandire la sepoltura con i cavalli fino alla Scandinavia settentrionale non ancora convertita.[142]

Purtroppo l'arte non ci offre documenti significativi sulla diffusione della staffa né a Bisanzio né in Occidente. Nell'alto Medioevo, con rare eccezioni, gli artisti di tutta la cristianità non si impegnavano molto a riprodurre gli oggetti del mondo che li circondava. Il naturalismo aveva poco posto nel metodo e nella tecnica degli artigiani di quell'epo-

ca, i quali si dedicavano piuttosto all'elaborazione di modelli tradizionali, spesso ereditati dal periodo classico, carichi di valori simbolici.[143] Da ciò derivò che l'iconografia era lontana dalla realtà e che raramente le innovazioni si riflettevano nell'arte fino a che la loro novità non si fosse, per cosí dire, esaurita ed esse non apparissero ormai scontate.

Una delle prime rappresentazioni della staffa nell'arte cristiana proviene da una regione dove essa era senz'altro conosciuta da almeno un secolo. La si trova in una miniatura, raffigurante i Magi che cavalcano alla volta di Betlemme (tav. 3), che orna un omeliario giacobita-siriaco proveniente, si ritiene, dalla regione di Mardīn, nella Mesopotamia settentrionale, entro i confini del califfato, e databile alla fine dell'VIII secolo o all'inizio del IX.[144] Ma, come abbiamo visto, l'esercito musulmano aveva adottato per la prima volta la staffa nel 694 d. C., a solo poche centinaia di miglia da Mardīn.

Un ritardo anche maggiore si riscontra nelle rappresentazioni bizantine.[145] Solo alla fine del IX secolo le staffe appaiono in tre codici greci: il Ms. greco 510 (databile all'880-6)[146] ed il Ms. greco 923,[147] ambedue della Biblioteca Nazionale di Parigi, ed il Salterio Kludov di Mosca.[148] Ma dagli scritti dell'imperatore Leone VI (886-911)[149] sappiamo che in quell'epoca le staffe facevano comunemente parte dell'equipaggiamento della cavalleria bizantina, come avveniva già da cinque generazioni, se accettiamo come assai probabile la datazione dello *Strategikon* dello pseudo-Maurizio ai primi anni dell'VIII secolo.[150]

Tenendo presenti questi fatti, non ci dovremmo meravigliare di un analogo ritardo in Occidente: al contrario saremmo sorpresi se gli artisti dei regni franchi avessero cominciato a raffigurare le staffe qualche decennio prima di quelli della Grecia orientale. E se Lefebvre des Noëttes credeva che le staffe fossero apparse per la prima volta in Occidente intorno all'840, nell'*Apocalisse di Valenciennes*, «d'origine spagnola»,[151] l'opinione piú recente attribuisce invece questo manoscritto alle Alpi tedesche, e lo data poco oltre la metà del IX secolo,[152] insieme all'*Apocalisse* di Parigi, che appare ad esso molto vicina, e che egualmente raffigura delle staffe.[153] Tuttavia due cavalieri con le staffe compaiono già nei pannelli dell'840 circa per il famoso altare di san-

t'Ambrogio a Milano.[154] Inoltre nel Salterio d'oro di San Gallo, che risale alla seconda metà del IX secolo, dei nove cavalieri dei quali si può distinguere l'equipaggiamento, sette hanno le staffe:[155] è chiaro che a quell'epoca le staffe erano divenute ormai cosí abituali che perfino l'artista se ne occupava.

L'archeologia, dunque, e non la storia dell'arte, ci fornisce le prove per determinare la data d'arrivo della staffa nell'Europa occidentale. E questa può essere posta nella prima metà dell'VIII secolo, al tempo appunto di Carlo Martello.

Ma, anche se i missionari benedettini avessero lavorato un po' piú rapidamente nell'eliminare i cavalli dalle sepolture, e ci avessero privati della testimonianza degli scavi sull'arrivo della staffa nelle terre germaniche, avremmo egualmente potuto scoprire, con altri mezzi, che essa raggiunse i franchi agli inizi dell'VIII secolo. Fu in quell'epoca appunto che i verbi che indicavano il montare e lo smontare da cavallo *insilire* e *desilire*, cominciarono ad essere sostituiti da *scandere equos* e *descendere*,[156] nei quali al senso di un'azione compiuta d'un balzo, subentra quello di un movimento graduale. Ma una indicazione piú esplicita della drastica evoluzione dalla fanteria al nuovo modo di combattere a cavallo è la completa trasformazione delle armi franche che ebbe luogo in questo periodo.

La *francisca*, la tipica scure franca da battaglia, e l'*ango*, il giavellotto dentato, ambedue armi da fanteria, scompaiono nell'VIII secolo, mentre la vecchia *spatha* si allunga fino a divenire la lunga spada del guerriero a cavallo,[157] che dal IX secolo in poi fu molto apprezzata da bizantini e saraceni.[158] Ma, fatto ancora piú significativo, nei primi decenni dell'VIII secolo si diffuse una lancia dall'asta pesante e con sbarretta d'arresto al di sotto della lama,[159] per impedire che l'arma penetrasse troppo profondamente, il che avrebbe potuto ostacolarne l'estrazione. Questa si trasformò presto nella tipica lancia gigliata carolingia, con sbarretta.[160] Tali lance venivano usate, se dobbiamo credere alle miniature, sia dalla fanteria che dalla cavalleria; ma le novità delle forme è comprensibile solo in funzione del nuovo combattimento d'urto a cavallo, a lancia in resta. Come abbiamo già notato,[161] un fante

o un cavaliere senza staffe, che bilanciasse la lancia col braccio, avrebbe difficilmente potuto trafiggere un avversario tanto profondamente da immobilizzare l'arma. Al contrario un cavaliere con staffe e lancia in resta, che portasse il colpo con tutto il peso del corpo e del cavallo avrebbe potuto farlo spesso, a meno che la sua lancia non fosse stata fornita di un ostacolo sotto la punta. La diffusione della lancia gigliata è appunto la prova che sotto Carlo Martello ed i suoi figli si cominciava a comprendere il significato della staffa nel combattimento d'urto.[162]

La storia è ricca di invenzioni che sono rimaste a lungo in letargo,[163] e che poi finalmente – di solito per ragioni che rimangono misteriose – si destano per divenire elementi attivi nel modellare una società per la quale non erano del tutto nuove. Si può pensare che Carlo Martello, o i suoi consiglieri militari, si siano accorti delle possibilità della staffa quando questa era già nota ai franchi da alcuni decenni. Tuttavia lo stato attuale delle nostre conoscenze ci dice che in effetti questa era giunta da poco quando fu usata come base tecnologica della riforma militare.

Man mano che le nostre conoscenze sulla storia della tecnologia aumentano diviene chiaro che un nuovo strumento indica semplicemente una strada, ma non costringe a percorrerla. L'accogliere o il rifiutare un'invenzione, o, se è accettata, il grado di comprensione delle sue implicazioni, dipende tanto dalle condizioni della società e dall'immaginazione dei suoi capi, quanto dalla natura stessa dell'oggetto. Come vedremo, gli anglosassoni usavano la staffa, ma non la comprendevano; e per questo pagarono un alto prezzo. Per quanto rapporti e istituzioni semifeudali fossero stati a lungo presenti nel mondo civile, furono solo i franchi, presumibilmente guidati dal genio di Carlo Martello, che afferrarono a pieno le possibilità inerenti alla staffa e crearono, in funzione di questa, un nuovo tipo di combattimento fondato su quella nuova struttura della società che chiamiamo feudalesimo.

III. Il combattimento d'urto a cavallo e l'atmosfera della vita feudale

La classe feudale del Medioevo europeo esisteva in quanto esistevano i cavalieri, che combattevano in una particolare maniera resa possibile dalla staffa. Questa *élite* creò una cultura secolare, strettamente legata al suo modo di combattere, e fiancheggiò vigorosamente la cultura della Chiesa.[164] Le istituzioni feudali, la classe dei cavalieri e la cultura cavalleresca si modificarono, crebbero e scomparvero, ma per un millennio portarono il segno della loro origine dalla nuova tecnica militare dell'VIII secolo.

Sebbene il denaro non avesse affatto cessato di circolare nel regno franco, tuttavia l'Occidente dell'VIII secolo era piú vicino ad una economia di baratto di quanto non fossero Bisanzio e l'Islam.[165] Inoltre la burocrazia del regno carolingio era cosí debole che l'esazione delle tasse da parte del governo centrale riusciva difficile. La terra era la forma fondamentale di ricchezza. Quando Carlo Martello ed i suoi eredi decisero che era indispensabile assicurarsi una cavalleria in grado di combattere secondo la nuova e costosa tecnica, presero l'unica via possibile: confiscarono le terre della Chiesa e le distribuirono ai vassalli, a condizione che costoro servissero come cavalieri nell'esercito franco.[166]

Combattere secondo la nuova tecnica richiedeva forti spese. I cavalli erano costosi, e l'armatura doveva essere piú pesante per fare fron-

te alla violenza del combattimento d'urto. Nel 761 un certo Isanhard, ad esempio, vendé le terre avite ed uno schiavo per un cavallo ed una spada.[167] Sembra che, in linea di massima, l'equipaggiamento per un uomo costasse circa venti buoi,[168] cioè i buoi da lavoro per almeno dieci famiglie contadine. Si aggiunga che i cavalli venivano uccisi, sicché il cavaliere aveva bisogno di cavalli di ricambio; ed anche lo scudiero doveva essere fornito di un'adeguata cavalcatura. I cavalli consumano inoltre una grande quantità di biada, un prodotto importante in un'epoca nella quale la produzione agricola era inferiore alla nostra.

Per quanto nel regno franco il diritto ed il dovere di portare le armi ricadessero su tutti gli uomini liberi, indipendentemente dalle condizioni economiche,[169] i piú potevano ovviamente permettersi di recarsi all'assemblea solo a piedi, equipaggiati con armi e corazza relativamente economici.[170] Come si è detto, Carlomagno tentò di trarre anche da costoro dei cavalieri,[171] ordinando agli uomini liberi meno facoltosi di riunirsi in rapporto all'estensione delle loro terre e di equipaggiare uno di loro e mandarlo in guerra.[172] Una tale disposizione era difficile ad attuarsi, e non sopravvisse alla confusione della fine del IX secolo;[173] ma era anche il riconoscimento che, se la nuova tecnica di combattimento doveva svilupparsi consistentemente, il servizio militare sarebbe dovuto divenire un fatto di classe. Chi non poteva economicamente permettersi di combattere a cavallo soffriva di un'inferiorità sociale, che in breve divenne inferiorità giuridica. Nell'808 l'impropria terminologia del capitolare *De exercitu promovendo* distinse i «liberi» dai «pauperes»:[174] l'espressione è inesatta dal punto di vista giuridico, ma risale ad un'epoca nella quale la condizione di uomini liberi si andava limitando ai proprietari. Due capitolari dell'825 mostrano come si andassero evolvendo i concetti. Uno separa i «liberi» dai «mediocres quippe liberi qui non possunt per se hostem facere»; mentre l'altro si riferisce ai secondi come «liberi secundi ordinis».[175] Con la crisi dell'impero franco, la feudalità, che i Carolingi avevano deliberatamente creato in funzione del nuovo metodo militare del combattimento d'urto a cavallo, perché fosse la spina dorsale del loro esercito, divenne ad un tempo classe dirigente ed *élite* guerriera. L'antica

leva degli uomini liberi fu abolita (anche se la fanteria non lo fu completamente) e si creò un vuoto fra l'aristocrazia guerriera e la massa dei contadini. Verso l'anno 1000, *miles* non significa piú «soldato», bensí «cavaliere».[176]

Il signore feudale poteva essere uomo di governo, ma ciò era qualcosa di accidentale della sua natura di uomo di guerra. Uno studioso di poesia medioevale ha notato come «l'elemento essenziale della vera cavalleria è il punire i malfattori, non tanto per ossequio alla legge quanto in sostituzione od in aggiunta della legge».[177] L'immagine del cavaliere riflessa nella letteratura mostra che il rispetto di sé era basato essenzialmente su due virtú ideali: lealtà e fedeltà al proprio signore (e, dopo che i trovatori ebbero esercitato la loro influenza, anche alla propria donna), e valore nel combattimento. Sia la *loiautée* che la *proesce* erano dunque connesse strettamente alle origini del feudalesimo.

I membri della classe feudale detenevano le loro terre e godevano della loro posizione per la lealtà con la quale adempivano ai doveri di cavaliere. Gradualmente il concetto si estese fino a comprendere altri servizi, in particolar modo quello di far parte della corte del proprio signore. Ma l'obbligo originario e fondamentale del cavaliere era il combattimento d'urto a cavallo. Quando, verso la fine del IX secolo, l'autorità centrale del sovrano svaní, la subinfeudazione permise che il concetto di lealtà rimanesse vitale. I possessi feudali presto divennero ereditari, ma potevano essere ereditati soltanto da chi fosse in grado di adempiere al dovere del servizio di cavaliere. Elaborate norme sulla tutela dei minori, e regolamenti che richiedevano che vedove ed eredi si maritassero, servivano a garantire il presupposto essenziale dell'infeudazione.

La classe feudale non ripudiò mai la condizione originaria della propria esistenza: era stata creata per combattere, e chiunque non avesse voluto o potuto adempiere all'obbligo militare sarebbe decaduto dal beneficio. Il dovere del servizio di cavaliere è la chiave di volta delle istituzioni feudali. Esso è la «pietra di paragone del feudalesimo, perché tutto il resto ne derivava; e la sua accettazione quale princi-

pio determinante della proprietà terriera comportava una rivoluzione sociale».[178]

È soprattutto la concezione feudale, che il godimento di una ricchezza è inseparabile da una responsabilità pubblica, che distingue l'idea medioevale della proprietà, sia da quella classica che da quella moderna. La classe dei vassalli, creata dalla rivoluzione militare dell'VIII secolo, divenne per generazioni l'elemento dirigente della società europea, e attraverso il caos che seguí, e nonostante tutti gli abusi, essa non perse mai completamente il senso che *noblesse oblige*, anche quando una nuova classe rivale, la borghesia, rinnovò la nozione romana della proprietà incondizionata o socialmente irresponsabile. La seconda componente del suo orgoglio di cavaliere, il valore, era strettamente congiunto all'adempimento esemplare del servizio. A parte il costo delle armi e dei cavalli, il nuovo modo di combattere distrusse inevitabilmente l'antica idea germanica che ogni uomo libero fosse un soldato. Il combattimento d'urto non era compito di guerrieri temporanei; bisognava essere un abile professionista, prodotto di un lungo addestramento tecnico, ed in condizioni fisiche eccellenti. Verso la fine del IX secolo Rabano Mauro cita un proverbio franco secondo il quale per imparare a combattere si deve iniziare nella pubertà. E ancora piú significativa è la notizia di Rabano che a quel tempo le dimore dei grandi signori erano già divenute scuole nelle quali i ragazzi venivano addestrati nelle arti della cavalleria, compresa probabilmente la pratica del torneo.[179]

Lo Stenton ha notato che «l'apprendistato che precedeva l'investitura è probabilmente il fatto piú significativo della società feudale».[180] Esso saldava una casta militare cosciente di sé, cosmopolita, consapevole della propria solidarietà e fiera delle proprie tradizioni, delle quali una parte essenziale era la grande rivalità fra i cavalieri nelle gesta d'armi. Quando un giovane era infine ammesso nella corporazione dei cavalieri,[181] l'ammazzar draghi diveniva suo compito professionale. Il nuovo modo di combattere, con la sua grande mobilità ed i paurosi scontri, apriva un campo nuovo alla prodezza individuale. Erano passati i vecchi tempi delle formazioni chiuse e compatte, quasi un muro di scudi,

che respingevano e colpivano. Anche se nell'età feudale le battaglie piú importanti venivano spesso progettate accuratamente, ed eseguite con una ammirevole disciplina da squadroni di cavalieri,[182] la vita emotiva del guerriero era altamente individualizzata. Lunghi passi delle *chansons de geste* sono dedicati a resoconti, colpo per colpo, di possenti scontri che possono essere apprezzati solo se ci si immagina l'interesse tecnico dell'uditorio feudale. Ed infine con la *Cronaca* di Froissart il mondo cavalleresco scrisse la sua filosofia della storia, lí dove affermava che il ricordo dei grandi fatti di armi per l'educazione della posterità, era il compito maggiore di Clio.[183]

La prestanza fisica e l'abilità nell'uso delle armi erano i presupposti che in battaglia permettevano di dar prova di fedeltà al giuramento e di ardire. A questo fine la classe feudale scoprí ed elaborò una simulazione realistica e mortale della guerra: il torneo. Nell'842 vi fu un formidabile torneo vicino a Strasburgo alla presenza di Carlo il Calvo e di Ludovico il Germanico, ed a quel tempo tali avvenimenti non erano evidentemente eccezionali.[184] Testimonianze concrete su tali giostre cavalleresche sono tuttavia scarse fino al XII secolo. Da allora in poi essi «costituirono, fino alla guerra dei Trent'anni, il passatempo della classe superiore».[185]

Mentre aumentava la violenza del combattimento d'urto, l'abilità degli armaioli cercò di farvi fronte costruendo protezioni sempre piú pesanti per il cavaliere, il quale divenne sempre piú irriconoscibile sotto il suo guscio; fu quindi necessario mettere a punto segni di identificazione.[186] Nell'Arazzo di Bayeux, della fine dell'XI secolo, i pennoncelli sono piú caratterizzati degli scudi,[187] ma all'inizio del XII secolo entrarono in uso in Francia, in Inghilterra ed in Germania, non solo insegne araldiche, ma anche stemmi ereditari.[188] E non è un giochetto semantico dire che il cavaliere feudale era riconosciuto, nella sua società, dalle armi che portava: le esigenze del combattimento d'urto, cosí come era stato inventato dai franchi dell'VIII secolo, aveva formato la sua personalità ed il suo mondo.

Dovunque il regno carolingio estendesse i suoi vasti confini, lí furono adottati il suo modo di combattere, le sue istituzioni feudali e

si posero le basi della cavalleria. In Italia, ad esempio, per quanto si possano scoprire anticipazioni di rapporti feudali nel regno longobardo, la combinazione di vassallaggio e beneficio fu introdotta solo dalla conquista di Carlomagno alla fine dell'VIII secolo.[189] Ma anche e dove le istituzioni e i costumi franchi non penetrarono, il nuovo modo di combattere non poté essere ignorato.

A Bisanzio la nuova tecnica militare dei franchi fece sentire i suoi effetti al tempo di Niceforo II Foca (963-969), il quale, a causa del grande aumento del costo delle armi, si vide costretto ad aumentare il valore del minimo inalienabile della dotazione militare da quattro a dodici libbre d'oro.[190] Qui, come in Occidente, l'evoluzione militare determinò una profonda evoluzione sociale. Come Ostrogorskij ha notato ciò «deve aver significato senza dubbio che l'esercito bizantino fu, da allora in poi, composto da una classe sociale differente. I soldati pesantemente armati di Niceforo non potevano piú essere la milizia contadina».[191] Come i germani loro vicini, i greci diedero il massimo risalto alla cavalleria, al punto che nel X secolo la guarnigione di Costantinopoli consisteva di quattro reggimenti di cavalleria e di uno solo di fanteria.[192]

Anche la forma e l'uso delle armi bizantine furono copiati da quelle occidentali. Cosí, mentre le prime raffigurazioni franche di lance tenute in resta risalgono alla fine del IX secolo,[193] quelle bizantine compaiono fra il X e l'XI secolo.[194] Inoltre intorno all'anno 1000 le esigenze del combattimento d'urto avevano indotto i franchi a modificare il vecchio scudo circolare od ovale allungandolo in forma di mandorla, cosí da offrire una maggior protezione alla gamba sinistra del cavaliere;[195] un secolo piú tardi ritroviamo tale mutamento a Costantinopoli.[196] E la balestra, che l'Occidente aveva o inventata, o portata a nuova vita, o tratta dalla Cina verso la fine del X secolo come «arma anti-corazza» per perforare le nuove massicce armature,[197] era ancora una novità per Anna Comnena, a Bisanzio, al tempo della I Crociata.[198]

Neanche l'Islam fu esente, perfino prima delle Crociate, dal contagio delle idee militari franche. Nel 1087, quando gli architetti armeni costruirono Bāb an-Naṣr, una delle tre grandi porte del Cairo, la de-

corarono con un fregio di scudi, alcuni rotondi, altri rotondi nella parte superiore ed appuntiti in quella inferiore, come ne vediamo portare dai normanni nell'Arazzo di Bayeux.[199] Ed il termine arabo per questo scudo a punta, *tārīga*, deriva dal francese *targe*.[200] Piú tardi, ai tempi del Saladino, i musulmani usavano molti tipi di balestre,[201] avevano adottato il nuovo metodo del combattimento d'urto,[202] ed il loro termine per indicare la lancia pesante, *qunṭariya*, è di derivazione greca o romanza.[203] Essi ammiravano molto lo splendore degli scudi cristiani dipinti,[204] ed è quasi certo che il concetto base dell'araldica saracena sia un riflesso di quella franca. Verso la fine del XIII secolo il torneo di tipo occidentale era praticato dalla cavalleria musulmana della Siria e dell'Egitto.[205] Tuttavia il fatto piú significativo è forse l'ammirazione con la quale al-Herewī (m. nel 1211 d. C.) descrive l'ordinata tattica di battaglia dei franchi e la maniera nella quale cavalleria e fanteria si davano reciproco aiuto.[206]

Se tale era la situazione nel Levante, ci dovremmo aspettare un'influenza franca anche maggiore sulla Spagna musulmana. Abbiamo già rilevato [207] che i mori diedero grande sviluppo alla cavalleria una generazione dopo la riforma di Carlo Martello, e vi furono probabilmente indotti da questa. Ad ogni modo nel XIII secolo i cavalieri della «Reconquista» erano modelli di stile per gli avversari saraceni. Ibn Sa'īd ci dice che «molto spesso i principi ed i guerrieri andalusi prendono i vicini cristiani come modelli per l'equipaggiamento. Le loro armi sono identiche, e cosí pure i mantelli scarlatti o di altro tipo, i pennoncelli e le selle; simile è anche il loro modo di combattere con gli scudi e le lunghe lance per la carica. Essi non usano né la mazza né l'arco arabi, ma la balestra franca per gli assedi, e con essa armano la fanteria per gli scontri con il nemico».[208] I berberi, al di là dello stretto di Gibilterra, che non venivano spesso a contatto con le armi cristiane, potevano usare, osserva Ibn Sa'īd, un equipaggiamento leggero; il pericolo cristiano costringeva i musulmani spagnoli ad essere «appesantiti dallo scudo, dalla lunga e pesante lancia, dalla cotta di maglia, e non si potevano muovere facilmente: dovevano porsi saldamente in sella, e formare col cavallo una cosa sola rivestita di ferro».[209]

Tuttavia l'espansione piú spettacolare della tecnica militare franca, con tutti gli elementi sociali e culturali ad essa connessi, fu la conquista normanna dell'Inghilterra. Gli anglosassoni avevano familiarità con la staffa,[210] ma non avevano modificato sufficientemente la tecnica di battaglia in funzione di questa. Nell'Inghilterra anglosassone troviamo elementi feudali, come ve ne erano stati nella Gallia merovingica, ma vi era una scarsa inclinazione verso il feudalesimo come sistema, o verso la formazione di una *élite* di guerrieri a cavallo.[211] Aroldo, i suoi *thegns* e gli *housecarls*, montavano, è vero, cavalli con le staffe; alla battaglia di Stamford Bridge re Aroldo Hardrada di Norvegia disse di lui «che era un uomo piccolo, ma stava saldamente sulle staffe»;[212] tuttavia quando giunsero ad Hastings scesero di sella per combattere a piedi, secondo l'antica tecnica germanica della barriera di scudi [213] con la quale Carlo Martello aveva sconfitto i saraceni a Poitiers.

Ad Hastings [214] gli anglosassoni avevano una posizione vantaggiosa sulla collina di Senlac, ed erano probabilmente piú numerosi dei normanni; avevano la forza psicologica di chi combatte per respingere gli invasori del proprio paese; il risultato era tuttavia scontato: era lo scontro fra la tecnica militare del VII secolo e quella dell'XI. Aroldo combatteva senza cavalleria ed aveva pochi arcieri; anche gli scudi inglesi erano antiquati: l'Arazzo di Bayeux mostra che, mentre la guardia rèale combatteva con scudi allungati, frutto probabilmente dell'educazione continentale di Edoardo il Confessore, la maggior parte degli anglosassoni aveva scudi tondi o ovali.[215] Fin dall'inizio Guglielmo prese l'iniziativa con gli arcieri e la cavalleria, e gli inglesi non poterono fare altro che rimaner fermi e resistere a quella mobile forza d'urto, che alla fine si rivelò irresistibile.

Quando Guglielmo ebbe la vittoria e la corona d'Inghilterra, modernizzò rapidamente il suo regno, cioè lo feudalizzò. Naturalmente preservò ed incorporò nell'ordine anglo-normanno tutti gli istituti anglosassoni che si rivelarono adatti al suo scopo. Ma la frattura col passato era assai piú evidente della continuità. Come i Carolingi 300 anni prima avevano deliberatamente sistemato e disciplinato le tendenze feudali, da tempo esistenti nella società franca, allo scopo di raffor-

zare la loro posizione, cosí Guglielmo il Conquistatore adoperò l'organizzazione feudale ormai completamente sviluppata nell'XI secolo, per fondare il piú potente stato europeo del suo tempo.[216]

L'Inghilterra della fine dell'XI secolo è veramente l'esempio piú tipico, nella storia europea, del disgregamento di un ordine sociale per l'improvvisa introduzione di una tecnologia militare proveniente dall'esterno. La conquista normanna è nello stesso tempo anche la rivoluzione normanna, anche se fu in fondo solo l'estendersi al di là della Manica di una rivoluzione che era stata compiuta nell'Europa continentale per gradi, durante le dieci generazioni precedenti.

Poche invenzioni sono state piú semplici della staffa, ma poche hanno avuto un'influenza cosí grande sulla storia. Le esigenze del nuovo modo di combattere, che essa aveva reso possibile, trovarono espressione in una nuova organizzazione della società dell'Europa occidentale, dominata da un'aristocrazia di guerrieri cui erano state assegnate in beneficio le terre perché essi fossero in grado di combattere in un modo nuovo ed estremamente specializzato. Inevitabilmente questa nobiltà creò forme culturali e modi di pensiero e sentimenti in armonia con il combattimento d'urto ed il suo ruolo sociale; come ha sottolineato Denholm-Young: «È impossibile essere cavallereschi senza cavallo.»[217] L'uomo a cavallo, quale l'abbiamo conosciuto per un millennio, fu possibile grazie alla staffa, che uní uomo e destriero in una singola unità di combattimento: l'antichità aveva immaginato il centauro, l'alto Medioevo ne fece il signore dell'Europa.

Note

1. Polidoro Vergilio fu il primo a notare, nel *De inventoribus rerum*, Venezia 1499, libro III, cap. 13, che la staffa è post-classica. L'idea presto divenne comune: Jan van der Straet (1523-1605) pubblicò un'incisione che celebrava la staffa quale scoperta «moderna», da porre accanto alla scoperta dell'America, della bussola, della polvere da sparo, della stampa, dell'orologio meccanico, del guaiaco (ritenuto uno specifico contro la sifilide), della distillazione e della seta; cfr. J. Stradanus, *Nova reperta. New discoveries of the Middle Ages and Renaissance*, ed. E. Rosen e B. Dibner, Norwalk, Conn., 1953, tav. 9. La piú antica letteratura sulla staffa è stata criticamente riassunta da J. Beckmann, *History of Inventions and Discoveries*, 3ª ed., London 1817, II, pp. 255-70. Lo studio moderno piú completo è l'opera del maggiore A. Schlieben, *Geschichte der Steigbügel*, «Annalen des Vereins für Nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung», XXIV (1892), pp. 165-231; XXV (1893), pp. 45-52. R. Zschille e R. Forrer, *Die Steigbügel in ihrer Formentwicklung*, Berlin 1896, dipendono in gran parte dallo Schlieben per la loro documentazione. La discussione fu ripresa dal comandante R. Lefebvre des Noëttes, *L'Attelage et le cheval de selle à travers les âges*, Paris 1931. Per il problema complessivo, in quanto distinto dai suoi aspetti particolari, si veda poi R. Reinecke, *Zur Geschichte des Steigbügels*, «Germania», XVII (1933), pp. 220-222; R. Blomqvist, *Stigbyglar*, «Kulturen», 1948, pp. 92-124; A. D. H. Bivar, *The stirrup and its origins*, «Oriental Art», nuova serie, I (1955), pp. 61-65. La corrispondenza del «Times» di Londra del 24 e 26 febbraio, del 14, 20 e 31 marzo 1947, frequentemente citata, non aggiunge niente alla discussione.

2. Gli effetti militari e sociali dell'introduzione del cocchio leggero sono discussi da H. A. Potratz, *Das Pferd der Frühzeit*, Seestadt-Rostock 1938; cfr. anche B. P. Sinha, *Art of war in ancient India, 600 B. C. - 300 A. D.*, « Journal of World History», IV (1957), pp. 126-128. Sugli effetti della sostituzione del cocchio con i cavalieri, vedi J. Wiesner, *Fahren und Reiten in Alteuropa und im alten Orient*, «Der alte Orient», XXXVIII, fasc. 2-4 (1939); E. Erkes, *Das Pferd im alten China*, «T'oung pao», XXXVI (1940), pp. 26-63. E. D. Phillips, *New light on the ancient history of the Eurasian steppe*, «American Journal of Archaeology», LXI (1957), pp. 273-4, conclude che i cavalli cominciarono ad essere cavalcati probabilmente nelle pianure del Caucaso intorno al 1000 a. C. A. R. Schulman, *Egyptian representations of horsemen and riding in the New Kingdom*, «Journal of Near Eastern

Studies», XVI (1957), pp. 263-71, mostra che in Egitto esploratori militari a cavallo venivano usati anche quando per l'effettivo combattimento si impiegavano soltanto i cocchi. Tuttavia, M.A.F. Hood, *A Mycenaean cavalryman*, «Annual of the British School at Athens», XLVIII (1953), pp. 84-93, ha presentato prove sicure sull'esistenza di cavalieri nel 1300 a.C. circa. In generale, vedi G. G. Simpson, *Horses and history*, «Natural History», XXXVIII (1936), pp. 277-88.

3. Cfr. H. Müller-Hickler, *Sitz und Sattel im Laufe der Jahrhunderte*, «Zeitschrift für historische Waffen- und Kostümkunde», X (1923), p. 9.

4. R. Zschille e R. Forrer, *Die Pferdetrense in ihrer Formentwicklung*, Berlin 1893; H. A. Potratz, *Die Pferdegebisse des zwischenstromländischen Raumes*, «Archiv für Orientforschung», XIV (1941), pp. 1-39; A. Mozsolics, *Mors en bois de cerf sur le territoire du bassin des Carpathes*, «Acta archaeologica» (Budapest), III (1953), pp. 69-109; M. Schiller, *Trense und Kandare*, «Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-naturwiss. Reihe», VII (1957-8), pp. 465-95.

5. C. de L. Lacy, *History of the Spur*, London 1911; J. Martin, *Der Reitersporn: seine Entstehung und früheste Entwicklung*, Leipzig 1921; K. Friis-Johansen, *Et bidrag til ryttarsporen aeldste histoire*, in *Corolla archaeologica in honorem C. A. Nordman*, Helsinki 1952, pp. 41-57.

6. A. Schlieben, *Reit- und Packsättel der Alten*, «Annalen des Vereins für Nassauische Altertumskunde», XXI (1889), pp. 14-27; R. Norberg, *Om förhistoriska sadlar i Sverige*, «Rig», XII (1929), pp. 97-113; J. Werner, *Beiträge zur Archäologie des Attila-Reiches*, «Bayerische Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Abhandlungen», fasc. 38 A (1956), pp. 50-53; cfr. sotto, nota 32.

7. D. H. Gordon, *Swords, rapiers and horseriders*, «Antiquity», XXVII (1953), p. 75.

8. Come è stato notato, per la prima volta fra gli studiosi, da H. Delbrück, *Geschichte der Kriegskunst*, Berlin 1900, I, p. 141.

9. Nel XII secolo Usāmah definí chiaramente la maggiore efficienza del combattimento d'urto e il nuovo rapporto uomo-cavallo: «Chi sta per colpire con la lancia dovrebbe tenerla salda quanto è possibile con la mano e sotto il braccio, stretta al suo fianco, e dovrebbe far correre il cavallo per ottenere la spinta necessaria; poiché, se egli movesse la mano mentre sostiene la lancia o stendesse il braccio con la lancia, il colpo non avrebbe effetto e non porterebbe alcun danno» (*An Arab-Syrian Gentleman and Warrior in the Period of the Crusades: Memoirs of Usāmah ibn Munqidh*, ed. e tr. di P. K. Hitti, New York 1929, pp. 69-70; cfr. anche p. 173 e p. 175 per il rapporto tra staffa e lancia in resta).

10. «Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germanistische Abteilung», VIII (1887), pp. 1-38; ristampato in Brunner, *Forschungen zur Geschichte des deutschen und französischen Rechts*, Stuttgart 1894, pp. 39-74. Per le discussioni precedenti vedi C. Stephenson, *The origin and significance of feudalism*, « American Historical Review », XLVI (1941), pp. 788-94.

11. In un saggio di grandissima importanza, malgrado la sua brevità, J. R. Strayer, *Feudalism in Western Europe*, in *Feudalism in History*, ed. R. Coulborn, Princeton 1956, pp. 15-25, rifiuta questa interpretazione e sostiene (p. 16) che «il feudalesimo dell'Europa occidentale è essenzialmente politico – è una forma di governo... Il feudalesimo non è soltanto la relazione tra il signore ed il suo uomo, né il sistema di concessioni terriere dipendenti, poiché ambedue possono esistere anche in una società non feudale. La combinazione di dipendenza personale e concessione terriera ci conduce assai vicino al feudalesimo, ma qualcosa ancora manca. È soltanto quando i diritti di governo (non la semplice influenza politica) si aggiungono alla signoria ed ai feudi che possiamo parlare di un pieno sviluppo del feudalesimo nell'Europa occidentale. È il possesso dei diritti di go-

verno da parte dei signori feudali e l'esecuzione della maggior parte delle funzioni di governo attraverso quei medesimi signori feudali che distingue nettamente il feudalesimo da altri tipi di organizzazione». Pur ammettendo (p. 21) che «il vassallaggio andava diventando comune e che qualcosa di molto simile ai feudi, tenuti da un re o da signori, apparve intorno alla metà dell'VIII secolo», tuttavia «ciò non era ancora feudalesimo: c'era ancora un'autorità pubblica»; la nascita del feudalesimo come forma di governo avvenne nel caos dinastico del cinquantennio successivo alla morte di Carlomagno.

Ma il Brunner era ben piú vicino al tono violento della vita feudale, e al concetto che i membri della classe feudale avevano di se stessi, quando sosteneva che il feudalesimo europeo era essenzialmente una maniera di organizzare la società in vista della guerra, con attenzione particolare alle forze locali. Nel IX secolo, quando il regno carolingio decadde, vassalli e possessori di feudi ereditarono i resti della pubblica autorità proprio perché la loro società era già stata riorganizzata su basi militari in modo siffatto che essi si trovarono in posizione tale da poter raccogliere i frammenti del potere politico. Il feudalesimo dunque era una struttura militare, che, dopo circa un secolo, aggiunse funzioni politiche a quelle militari. Nomi come *feudalesimo* sono dei critto-termini: essi designano non tanto modelli di istituzioni, quanto modelli di azione e di fluttuanti relazioni di potere, che furono istituzionalizzate e legalizzate coscientemente non solo dopo il fatto, ma spesso anche dopo che il fatto legalizzato si era già mutato in qualcosa di diverso. Sulla base di testimonianze dell'estremo oriente, O. Lattimore in «Past and Present», XII (1957), pp. 47-57, respinge del pari il concetto di feudalesimo dello Strayer, e particolarmente (p. 50) l'importanza insufficiente che egli attribuisce «alla maniera di combattere che precede e contribuisce a produrre il feudalesimo».

12. La data era un errore. M. Baudot, *Localisation et datation de la première victoire remportée par Charles Martel contre les Musulmans*, «Mémoires et documents publiés par la Société de l'École de Chartes», XII, I (1955), pp. 93-105, dimostra che questa battaglia avvenne, non già nel 732 ma il 17 ottobre del 733, alcuni chilometri a nord-est della confluenza della Vienne con la Creuse.

13. «... ut paries inmobiles permanentes sicut et zona rigoris glacialiter manent adstricti, Arabes gladio enecant», *Monumenta Germaniae Historica* (d'ora in poi, *MGH*), *Auctores antiq.*, XI, pp. 361-2. Le testimonianze sulla battaglia sono cosí insoddisfacenti che essa non può essere esaminata nei dettagli; cfr. E. Mercier, *La bataille de Poitiers et les vraies causes du recul de l'invasion arabe*, «Revue historique», VII (1878), pp. 1-8; F. Dahn, *Urgeschichte der germanischen und romanischen Völker*, Berlin 1883, III, pp. 794-8; M.G.J.L. Lecointre, *La bataille de Poitiers entre Charles Martel et les Sarrasins: L'histoire et la légende; origine de celle-ci*, «Bulletin de la Société des Antiquaires de l'Ouest», 3ª serie, VII (1924), pp. 632-42; L. Levillain e C. Samaran, *Sur le lieu et la date de la bataille de Poitiers en 732*, «Bibliothèque de l'École de Chartes», XCIX (1938), pp. 243-67; M. Mercier e A. Seguin, *Charles Martel et la bataille de Poitiers*, Paris 1944. Il tentativo di G. Roloff, *Die Umwandlung des fränkischen Heeres von Chlodwig bis Karl den Grossen*, «Neue Jahrbücher für das klassische Altertum», IX (1902), p. 390, nota 1, di confutare la tesi del Brunner che gli uomini di Carlo Martello a Poitiers combattessero prevalentemente a piedi, ha trovato favore solo in A. Dopsch, *Wirtschaftliche und soziale Grundlagen der Europäischen Kulturentwicklung*, 2ª ed., Wien 1924, II, p. 297. Un caritatevole curatore, tuttavia, ha tolto quell'importante passo dalla traduzione inglese (New York 1937).

14. «Francis pedetemptim certare inusitatum est» (*MGH*, *Scriptores*, I, p. 407). L'importanza di questo passo non è diminuita da E. von Frauenholz, *Das Heerwesen der germanischen Frühzeit, des Frankenreiches und des ritterlichen Zeit-*

alters, München 1935, p. 65. Vedi anche l'osservazione di Eginardo, che scriveva prima dell'836, sulla passione di Carlomagno per il cavalcare e per la caccia: «Vix ulla in terris natio invenitur quae in hac arte Francis possit aequari» (*Vita Caroli Magni*, c. 22, ed. L. Halphen, Paris 1923, p. 68).

15. *MGH, Scriptores*, I, p. 140.

16. Non vi sono prove a sostegno dell'affermazione di H. Delbrück, *op. cit.*, II, p. 463, che il passaggio da marzo a maggio fosse irrilevante in rapporto agli sviluppi militari, dal momento che verso il 755 il campo di marzo sarebbe stato «nur ein Art Reichstag». H. von Mangoldt-Gaudlitz, *Die Reiterei in den germanischen und fränkischen Heeren bis zum Ausgang der deutschen Karolinger*, Berlin 1922, p. 31, discute l'affermazione del Brunner sulla base del fatto che un campo di maggio si era tenuto nel 612 (Fredegarius, IV, 38 in *MGH, Scriptores Merov.*, II, p. 139) e che dopo il 755 si ha notizia di spedizioni iniziate in altre stagioni che nella tarda primavera. Tuttavia, quali che fossero le prime irregolarità nella data del campo di marzo, è indubitabile che la disposizione di Pipino impressionò i contemporanei come una novità: «mutaverunt Martis campum in mense Maio» (*MGH, Scriptores*, XVI, p. 494; cfr. *ibid.*, I, p. 11); «venit Tassilo ad Martis campum in mense Madio» (*ibid.*, p. 28). Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, p. 45, nota l'importanza del foraggio nel tardo VIII secolo, quando nel 782 e nel 798 alcune spedizioni furono posticipate a causa del ritardo della stagione. L'opera del IX secolo, *Officia XII mensium*, ed. H. Stern, «Revue archéologique», XLV (1955), p. 185, collega esplicitamente il fieno del mese di maggio con l'inizio delle spedizioni militari: «Maius hinc gliscens herbis generat nigra bella». Vedi anche L. Levillain, *Campus Martius*, «Bibliothèque de l'École de Chartes», CVII (1947-8), pp. 62-68.

17. *MGH, Capitularia*, I, p. 28, cap. 2.

18. *MGH, Epistolae*, III, p. 324; E. Lesne, *Histoire de la propriété ecclésiastique en France*, II, I: *Les Étapes de la sécularisation des biens d'église du VIIIe au Xe siècle*, Lille 1922, pp. 7-9, offre sostegno alla tesi del Brunner.

19. Il Brunner avrebbe potuto addurre un passo del *Capitulare missorum*, probabilmente del 792 o del 786 (*MGH, Cap.*, I, p. 67), il cui testo è molto corrotto. Carlomagno richiede un giuramento di fedeltà a molti personaggi minori: «qui honorati beneficia et ministeria tenent vel in bassalatico honorati sunt cum domini sui et caballos, arma et scuto et lancea, spata et senespasio habere possunt». E ciò sembra significare che costoro erano stati onorati con feudi affinché potessero equipaggiarsi per il servizio nella cavalleria; cfr. Stephenson, *op. cit.*, p. 804; C. E. Odegaard, *Carolingian oaths of fidelity*, «Speculum», XVI (1941), p. 284.

20. E. Lesne, *La Propriété ecclésiastique en France aux époques romaine et mérovingienne*, Paris 1910, p. 224, stima che la Chiesa detenesse un terzo della terra coltivabile della Gallia.

21. Che questo anello fosse il piú debole nella catena delle ipotesi del Brunner, fu suggerito da M. Jähns, *Ross und Reiter*, Leipzig 1872, II, p. 40.

22. Si potrebbe scrivere un capitolo di storia della storiografia su tutto quel che di ridicolo è stato scritto su quella che F. Lot, in *Histoire du moyen âge, I: Les Destinées de l'empire en Occident de 395 à 888*, Paris 1928, p. 664, chiamò la «théorie explosive de la vassalité». Probabilmente sotto l'influenza del concetto darwiniano della trasformazione biologica determinata dal graduale accrescersi di differenze minime, molti storici hanno ritenuto come assiomatico che nessun mutamento storico importante possa verificarsi improvvisamente. Perciò nei loro studi sui precorrimenti del feudalesimo essi tesero a dar poco risalto alle trasformazioni anticipate. La piú recente teoria biologica della mutazione dei geni offre una metafora almeno altrettanto stimolante per il pensiero storico;

essa è applicabile specialmente alla tecnologia militare, in cui un'improvvisa innovazione può rivoluzionare un'intera società. Per esempio, D. M. Brown, *The impact of firearms on japanese warfare, 1543-98*, «Far Eastern Quarterly», VII (1948), pp. 236-53, ha mostrato che l'introduzione delle armi da fuoco, con i relativi metodi di fabbricazione, da parte dei mercanti occidentali, modificò rapidamente l'intero sistema di vita giapponese e creò le basi per la riunificazione politica del Giappone sotto il governo degli *shōgun* Tokugawa.

23. H. A. Cronne, *The origins of feudalism*, «History», XXIV (1939), p. 257.

24. Delbrück, *op. cit.*, II, pp. 424-33, 472; Roloff, *op. cit.*, pp. 389-99; C. Oman, *History of the Art of War in the Middle Ages*, 2ª ed., London 1924, I, pp. 22-37, 103-5 (tuttavia, pp. 57-58, egli ammette che i franchi combattevano a piedi a Zülpich nel 612 e a Poitiers nel 733); Dopsch, *Grundlagen*, 2ª ed., II, pp. 294-8; P. Guilhiermoz, *Essai sur l'origine de la noblesse en France au moyen âge*, Paris 1901, p. 100; E. Mayer, *Die Entstehung der Vassalität und des Lehnwesens*, in *Festgabe für R. Sohm*, München 1914, pp. 66-67; Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, pp. 21-24, 36-37, 48-49; Frauenholz, *op. cit.*, p. 60. Il giudizio di C. von Schwerin, in «Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft», LXXX (1925-6), p. 719, e nella sua edizione della *Deutsche Rechtsgeschichte* del Brunner, München 1928, II, p. 277, nota 30, e 279, nota 33, è giustificato, poiché questa letteratura prova soltanto che i Merovingi combattevano in qualche misura a cavallo, cosa che nessuno mai aveva messo in dubbio; ma non dimostra che la cavalleria fosse l'arma principale dei franchi prima della metà dell'VIII secolo.

25. Dal momento che il Brunner non negò il permanere dell'uso della fanteria sotto Carlomagno e perfino, occasionalmente sotto gli ultimi Carolingi (cfr. Schwerin, *loc. cit.*), questa corrente è soprattutto una reazione alle tesi estreme del Delbrück; cfr W. Erben, *Zur Geschichte des Karolingischen Kriegswesens*, «Historische Zeitschrift», CI (1908), pp. 321-36 (furono critiche che il Delbrück né confutò né accolse con riconoscenza; cfr. *Geschichte des Kriegswesens*, 2ª ed., II, pp. 475-6). H. Fehr, *Das Waffenrecht der Bauern im Mittelalter*, «Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germ. Abt.», XXXV (1914), pp. 116-18, concorda con lo Erben nel ritenere che l'armata di Carlomagno era, di fatto e di diritto, soprattutto una leva di uomini liberi, ma sottolinea (pp. 119-20) che già sotto Carlomagno, poiché la cavalleria diveniva piú importante, si andavano introducendo, per il servizio militare, criteri di distinzione basati sulla proprietà, i quali nel IX secolo mutarono interamente le basi dell'armata franca. K. Rübel, *Fränkisches und spätrömisches Kriegswesens*, «Bonner Jahrbücher», CXIV (1906), pp. 136-42, cerca di dimostrare che la fanteria continuò ad essere decisiva, specialmente nelle guerre contro i sassoni, ma ciò non soddisfa il Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, p. 36.

26. Cfr. sotto, nota 170.

27. *MGH*, *Cap.* I, p. 134.

28. Cfr. sotto, nota 172.

29. *MGH*, *Cap.* I, p. 168.

30. *Op. cit.*, I, p. 14.

31. W. Judeich, *Die Schlacht bei Adrianopel*, «Deutsche Zeitschrift für Geschichtswissenschaft», VI (1891), pp. 1-21; F. Runkel, *Die Schlacht bei Adrianopel*, Rostock 1903; G. Gundel, *Untersuchungen zur Taktik und Strategie der Germanen nach den antiken Quellen*, Marburg 1937, p. 89, corregge la conclusione del Runkel (pp. 37 e 41) secondo cui la cavalleria dei visigoti avrebbe attaccato i romani sul fianco sinistro e non sul destro.

32. Cfr. sopra, nota 1, e W. Günther, *Sattel*, in *Reallexikon der Vorgeschichte*, XI (1928), p. 214 e tav. 56*c*; F. M. Feldhaus, *Die Technik der Vorzeit*, Leipzig

1914, p. 897; C. Daremberg e E. Saglio, *Dictionnaire des antiquités*, Paris 1908, s. v. *sella equestris*.

33. Nella tarda antichità i cavalli continuarono a divenire piú grandi e piú pesanti, per culminare nel superbo cavallo da guerra della statua di Marco Aurelio, che è della fine del II secolo; cfr. H. Friis, *Rytterstatuens historie i Europa fra oldtiden indtil Thorvaldsen*, Köbenhavn 1933, p. 67, fig. 33. J. C. Ewart, *On skulls of horses from the Roman fort at Newstead near Melrose*, «Transactions of the Royal Society of Edinburgh», XLV (1907), pp. 576-7, trovò esempi di tre varietà di cavalli, tra le quali una molto vicina alla moderna razza Shire di cavalli pesanti; cfr. G. Nobis, *Beiträge zur Abstammung und Domestikation des Hauspferdes*, «Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie», LXIV (1955), pp. 201-46, specialmente p. 233. Le piú antiche selle occidentali, del I e del II secolo, con arcione pronunciato e pomello, solitamente appaiono sui cavalli pesanti, che sono riconoscibili per le folte barbette e per la criniera e la coda ondulate; cfr. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs, statues et bustes de la Gaule Romaine*, III, Paris 1910, n. 2150, di un cavaliere ausiliario germanico; anche VIII, n. 2465; IX, n. 6589. Cavalli simili compaiono nell'Iran sassanide e nella Cina degli Han; cfr. W. W. Tarn, *Hellenistic Military and Naval Developments*, Cambridge 1930, p. 79. Pausania, *Description of Greece*, X, 19, 10, ed. W. H. S. Jones, London 1935, IV, p. 478, ci dice che nell'antica lingua celtica μάρκα significa *cavallo*. Sembrerebbe che i germani ricevessero il cavallo pesante da battaglia da un popolo celtico, poiché nell'VIII secolo lo chiamavano *marach*: cfr. *Lex Bajuvorum*, XIII, 11-12, ed. J. Merkel, *MGH, Leges*, III, p. 317, «Si caudem amputaverit vel aurem, si equus est quod marach dicunt, cum solido componat. Si mediocris fuerit, quod wilz vocant, cum medio solido componat. Et si deterior fuerit, quod angargnago dicimus, qui in hoste utilis non est, cum tremisse componat»; *Lex Alamannorum*, LXXII, § 1, ed. J. Merkel, *ibid.*, III, p. 69: «Si equo quod marach dicunt, oculum excusserit...», l'ammenda è di sei volte piú alta che per aver accecato un cavallo di poco valore. *Marca* significa «cavallo da battaglia» in varie lingue celtiche; cfr. A. Holder, *Alt-celtischer Sprachschatz*, Leipzig 1904, II, p. 417; A. Heiermaier, *Westeuropäische Heimat und Namen des Pferdes*, «Paideia», VI (1951), pp. 371-5, per il ricco vocabolario celtico riguardante i cavalli e i veicoli, che entrò nelle lingue romanze e germaniche; H. Dannenbauer, *Paraveredus-Pferd*, «Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germ. Abt.», LXXI (1954), pp. 55-73, per un caso specifico e per le sue implicazioni legali.

34. B. Rubin, *Die Entstehung der Kataphraktenreiterei im Lichte der chorezmischen Ausgrabungen*, «Historia», IV (1955), pp. 264-83. Le conclusioni di S. P. Tolstov sono riassunte da R. Girshman, *La Chorasmie antique: essai de récherche historico-archéologique*, «Artibus Asiae», XVI (1953), pp. 292-7.

35. Ad esempio da una tomba di Kerč, fra il I e il II secolo d. C., in M. Rostovtzeff, *Iranians and Greeks in South Russia*, Oxford 1922, tav. XXIX; *The Excavations at Dura-Europos*, ed. P. V. C. Baur & c., Fourth season, New Haven 1933, tavv. XVII; XX, 3; XXII, 2; cfr. XXII, 1 e pp. 217-21; e, per un esempio dalla Corea, A. D. H. Bivar, in «Oriental Art», I (1955), p. 63, anche fig. 2.

36. *Argonautica*, VI, 236-37: «fert abies obnixa genu vaditque virum vi, vadit equum»; ed. J. H. Mozley, Cambridge, Mass. 1934, p. 319; cfr. R. Syme, *The* Argonautica *of Valerius Flaccus*, «Classical Quarterly», XXIII (1929), pp. 129-137, per un'ulteriore discussione sulla lancia lunga dei sarmati.

37. H. Appelgren-Kivalo, *Alt-altaische Kunstdenkmäler*, Helsinki-1931, fig. 93.

38. W. Shelešnov, «*Roßcheweife an Lanzen*», «Zeitschrift für historische Waffenkunde», II (1900-2), pp. 233-4; cfr. sopra, pp. 39-40.

39. La etimologia comune di «destriero» dal fatto che con questo tipo di caval-

lo le redini sarebbero state tenute con la mano destra, non trova sostegno in nessuna delle testimonianze contemporanee.

40. Un graffito del VI-VII secolo proveniente dalla valle del basso Ienissei (vedi sopra, nota 37) mostra un *clibanarius*, senza staffe, con una lancia tenuta a due mani: all'asta della lancia è attaccata una corda terminante in una sbarretta di legno che passa attraverso le dita del cavaliere, per consentirgli di recuperare la lancia quando essa gli cade. Questo sistema conferma l'inadeguatezza della lancia a due mani per il combattimento d'urto. In questo graffito, qualcosa che sembra essere un piccolo scudo circolare è attaccato al petto in luogo del pettorale e non sembra pendere dal collo.

41. *De bello persico*, I, 1; ed. trad. H. B. Dewing, London 1914, I, pp. 6-8.

42. Frauenholz, *op. cit.*, p. 59; Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, p. 84. Tuttavia il fatto che la lancia a due mani avesse qualche diffusione nell'Occidente è mostrato da un rilievo tardo-romano di un cavaliere ausiliario, armato appunto con una lancia di questo tipo, e privo di scudo; cfr. J. Barodez, *Organisation militaire romaine de l'Algérie antique*, «Revue internationale d'histoire militaire», IV (1953), p. 33. Inoltre Paolo Diacono, *Historia Langobardorum*, V, 10, in *MGH, Scriptores Langob.*, p. 149, ci racconta, come di un'impresa meravigliosa, che un longobardo infilzò un cavaliere bizantino e lo sollevò dalla sella sulla punta dell'arma. Senza staffe (cfr. sotto, nota 125) ciò poteva farsi soltanto con una lancia a doppia impugnatura, e pur sempre con grande difficoltà. Forse una tale lancia può anche spiegare la descrizione di Cnodomaro, re degli alemanni, alla battaglia di Strasburgo del 357, data da Ammiano Marcellino, XVI, 12, 24, ed. C.U. Clark, Berlin 1910, I, p. 95: «Chnodomarius... equo spumante sublimior, erectus in iaculum formidandae vastitatis, armorumque nitore conspicuus ante alios.» E. Salin, *La Civilisation mérovingienne*, IV, Paris 1959, p. 293, figg. 100, 101, mostra un cavaliere longobardo della fine del VI secolo ed un guerriero pagano alemanno del VII secolo, ambedue con una lancia a due mani, ma senza scudo.

43. Delbrück, *op. cit.*, II, p. 423; F. Kauffmann, *Deutsche Altertumskunde*, München 1923, II, p. 336; Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, pp. 15-18; E. Mayer, *op. cit.*, p. 46; Dopsch, *op. cit.*, II, p. 297.

44. *La caballeria visigoda*, in *Wirtschaft und Kultur: Festschrift A. Dopsch*, Baden bei Wien 1938, pp. 106-8; *En torno a los orígenes del feudalismo*, Mendoza 1942, III, pp. 100-1.

45. Dopsch, *Grundlagen*, 2ª ed., II, pp. 293-343; *Beneficialwesen und Feudalität*, «Mitteilungen des Österreichischen Instituts für Geschichtsforschung», XLVI (1932), pp. 1-36; *Wirtschaft und Gesellschaft im frühen Mittelalter*, «Tijdschrift voor rechtsgeschiedenis», XI (1932), pp. 387-90; F. Lot, *Destinée de l'empire*, p. 665; *Origine et nature du bénéfice*, «Anuario de historia del derecho español», X (1933), pp. 175-85.

46. Il precursore della presente tesi fu H. Voltelini, *Prekarie und Beneficium*, «Vierteljahrschrift für Sozial-und Wirtschaftsgeschichte», XVI (1923), pp. 293-305. Per gli ultimi sviluppi vedi particolarmente F. L. Ganshof, *Note sur les origines de l'union du bénéfice avec la vassalité*, in *Études d'histoire dediées à la mémoire de Henri Pirenne*, Bruxelles 1937, pp. 173-89; *Qu'est-ce que la féodalité?*, 2ª ed., Neuchâtel 1947, pp. 30-34; *L'origine des rapports féodo-vassaliques*, in *I problemi della civiltà carolingia. Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, I, Spoleto 1954, pp. 27-53.

47. *Op. cit.*, p. 807; cfr. Cronne, *op. cit.*, p. 259.

48. *En torno a los orígenes del feudalismo*, III, pp. 288-9; *El «stipendium» hispano-godo y las orígenes del beneficio prefeudal*, Buenos Aires 1947, pp. 142-

146; *España y el feudalismo carolingio*, in *I problemi della civiltà carolingia*, Spoleto 1954, pp. 110-45.

49. Meyer, *op. cit.*, p. 66.

50. *Sécularisation*, pp. 29, 32.

51. *Deutsche Rechtsgeschichte*, 2ª ed. a cura di Schwerin, p. 336, nota 29.

52. F. L. Ganshof, *Benefice and vassalage in the age of Charlemagne*, «Cambridge Historical Journal», VI (1938), p. 170.

53. Mitteis, *Lehnrecht*, p. 117, nota 27; *MGH*, *Epp.* III, p. 324; vedi nota 166.

54. *The History of the Decline and Fall of the Roman Empire*, cap. 52, London 1788.

55. C. H. Becker, *Islamstudien*, Leipzig 1924, pp. 123-6; cfr. G. Lokys, *Die Kämpfe der Araber mit den Karolingern*, Heidelberg 1906, p. 6. È stato da lungo tempo riconosciuto che i contrasti interni della Spagna musulmana furono piú importanti delle campagne di Carlo Martello nel determinare la ritirata dei saraceni al di là dei Pirenei; cfr. E. Mercier, *La bataille de Poitiers et les vraies causes du recul de l'invasion arabe*, «Revue historique», VII (1878), pp. 1-13.

56. Cfr. sopra, nota 18.

57. Ermoldo Nigello, *In honorem Hludovici*, IV, 275; *MGH*, *Scriptores*, II, p. 506.

58. Cfr. sopra, nota 12.

59. *Vita S. Eucherii episcopi Aurelianensis*, in *Acta Sanctorum*, 3 feb., Anversa 1658, p. 218.

60. Ermoldo, *op. cit.*, I, 147; *MGH*, *Scriptores*, II, p. 469.

61. *Los arabes y los origenes del feudalismo*, «Anuario de historia del derecho español», X (1933), pp. 517-18; *Les Arabes et les origines de la féodalité*, «Revue historique de droit français et étranger», XII (1933), pp. 219-20; *En torno a los origenes del feudalesimo. III: La caballeria musulmana y la caballeria franca del siglo VIII*, Mendoza 1942, pp. 253 sgg. Secondo la testimonianza molto tarda di al-Makkarī (m. 1632), il primo califfo omayyade di Spagna (m. 788) era servito da un capo-palafreniere che aveva il titolo di Maestro di staffa, *sāhib al-rikāb*; cifr. *Encycl. Islam*, III, p. 1160.

62. *Op. cit.*, p. 398.

63. *Op. cit.*, p. 29.

64. Cfr. sopra, nota 13.

65. *Deutsche Altertumskunde*, II, München 1923, p. 339, nota 1. Senza alcuna discussione o documentazione, L. Montross, *War Through the Ages*, New York 1944, p. 95, attribuisce lo sviluppo del combattimento d'urto a cavallo nell'età carolingia «all'invenzione della staffa, che senza dubbio si pone come il primo contributo dell'età oscura alla scienza bellica». M. Bloch, *La société féodale: La Formation des liens de dépendance*, Paris 1949, p. 236, collega esplicitamente l'introduzione della staffa con il passaggio (che egli ritiene graduale), dalla fanteria alla cavalleria nell'alto Medioevo, ma la scarsa informazione sulla diffusione della staffa (cfr. le sue considerazioni in «Annales d'histoire économique et sociale», VII, 1935, p. 638) gli impedisce di riferire queste considerazioni tecnologiche all'VIII secolo. R. A. Preston, S. F. Wise e H. O. Werner, *Men in Arms: A History of Warfare and its Interrelationships with Western Society*, New York 1956, pp. 66-67, accettano la relazione tra le origini del feudalesimo e «l'introduzione della staffa, avvenuta durante il VI secolo, e... le incursioni dei saraceni a cavallo nella Francia meridionale al principio del secolo VIII».

66. A. von Le Coq, *Bilderatlas zur Kunst- und Kulturgeschichte Mittelasiens*, Berlin 1925, p. 22.

67. L. W. King, *Bronze Reliefs from the Gates of Shalamanaser, King of Assyria*, London 1915, tav. LVIII; A. D. H. Bivar, *The stirrup and its origins*, «O-

riental Art», nuova serie, I (1955), p. 63, fig. 3; per la data, A. T. Olmstead, *History of Assyria*, New York 1923, p. 116; cfr. E. Unger, *Steigbügel* (*Vorderasien*), in «Reallexikon der Vorgeschichte», ed. M. Ebert, XII (1928), p. 392.

68. Una rozza pietra tombale, forse della fine del III o del principio del IV secolo, proveniente da Putačevo in Jugoslavia, si è a lungo creduto che rappresentasse una staffa, ma l'oggetto è assai dubbio; cfr. M. Hoernes, *Altertümer der Herzegovina*, II, «Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Classe», XCIX (1881), p. 895, fig. 13; *Corpus inscriptionum latinarum*, III (1878), n. 2765; per la data, cfr. O. Kleemann, *Samländische Funde und die Frage der ältesten Steigbügel in Europa*, «Rheinische Forschungen zur Vorgeschichte», V (1956), p. 118. Un oggetto che è stato per un certo tempo interpretato come una specie di staffa, ma che è certamente il fodero di un arco pendente dal cuscino del cavallo, appare in monete coniate, probabilmente ad Antiochia, da Q. Labieno Partico, intorno al 40 a. C.; cfr. J. Eckhel, *Doctrina nummorum veterum*, Vienna 1828, V, pp. 145-6; H. A. Grueber, *Coins of the Roman Republic in the British Museum*, London 1910, II, p. 500 e n. 1, e III, tav. CXIII, nn. 19-20; M. von Bohrfeldt, *Die römische Geldmünzprägung während der Republik und unter Augustus*, Halle 1923, p. 71 e tav. VII, nn. 21-23; E. Babelon, *Monnaies de la république romaine*, Paris 1885, I, p. 225; H. Cohn, *Monnaies frappées sous l'empire romain*, Paris 1880, I, p. 30. Per foderi di archi simili a questo sulle monete di Coresmia, cfr. «Ars islamica», VI (1939), p. 165. L. Sprague de Camp, *Before stirrups*, «Isis», LI (1960), p. 160, ha identificato in una manopola, che appare sulla cinghia legata al collo del cavallo di un cuscino da sella romano del tempo di Marco Aurelio, un sistema per fornire un sostegno al cavaliere. L. H. Heydenreich, *Marc Aurel und Regisole*, in *Festschrift für Erich Meyer zum 60. Geburtstag*, Hamburg 1959, pp. 146-59, afferma che una statua di bronzo equestre, probabilmente del VI secolo, eretta dapprima a Ravenna e piú tardi a Pavia, era fornita di staffe. Verso il 1335 essa era certamente fornita non solo di staffe, ma anche di speroni a rotella, che del resto non sono noti prima di una miniatura spagnola del IX secolo; cfr. C. Singer, *History of Technology*, II (1956), p. 558 e trad. it., Torino 1962, p. 566. (Lefebvre des Noëttes, *op. cit.*, fig. 294, tuttavia interpreta questi ultimi, non già come speroni a rotella, ma semplicemente come «éperons à pointes multiples».) Le vicissitudini di questa statua rendono molto improbabile che essa originariamente possedesse un tale equipaggiamento. Nel 1315 fu predata dai milanesi, fatta in pezzi e portata a Milano: verso il 1335 fu ripresa dai pavesi e riportata nella loro città. Gli artigiani incaricati del restauro avranno dovuto risolvere il problema della solidità delle gambe e dei piedi ciondoloni del cavaliere, ed avranno rinforzato le gambe con barre di metallo mascherate come cinghie delle staffe, ed i piedi con strisce di metallo per gli speroni. E non vi sarebbe stato in questo alcun senso di anacronismo, giacché, come si è già detto (cfr. sopra, nota 1), la prima affermazione che i romani non conoscessero la staffa fu pubblicata nel 1499.

69. E. Espérandieu, *Note sur un étrier gallo-romain*, «Pro Alesia», I (1906) pp. 17-18; H. Jacobi, *Hatten die Römer Steigbügel?*, «Germania», VI (1922) pp. 88-93. E. E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire du mobilier français*, V, p. 413, riporta due staffe romane che sarebbero conservate al museo di Napoli; ma A. Schlieben, *Geschichte der Steigbügel*, «Annalen des Vereins für Nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung», XXIV (1892), p. 187, assicura che il museo di Napoli non contiene oggetti siffatti.

70. *De re militari*, I, 18.

71. J. Marshall, *Guide to Sanchi*, Calcutta 1918, p. 138, nota 3; J. E. van Lohuizen-de Leeuwe, *Heinrich Zimmer and Indian art*, «Arts asiatiques», IV (1957), p. 228, fig. 4; A. K. Coomaraswamy, *Early Indian sculptures*, «Bulletin

of the Museum of Fine Arts, Boston», XXIV (1926), p. 59 e fig. 4 e *History of Indian and Indonesian Art*, New York 1927, p. 25; J. P. Vogel, *La Sculpture de Mathurâ*, Paris 1930, tav. VIIIb; L. L. Fleitmann, *The Horse in Art from Primitive Times to the Present*, London 1931, p. 28; L. Bachofer, *Early Indian Sculpture*, New York, s. d., II, tav. 72; R. Lefebvre des Noëttes, *L'Attelage et le cheval de selle*, Paris 1931, fig. 261. È strano che la staffa ingrandita a sufficienza per accogliere il piede non compaia in India se non nel X secolo, ad Orissa (Lefebvre des Noëttes, *op. cit.*, fig. 370), e alla fine dell'XI secolo, a Pagan; cfr. C. Duroiselle, *The stone sculptures in the Ananda temple at Pagan*, «Archaeological Survey of India, Annual Report» (1913-14), tavv. XXXIV-XXXV e pp. 64-65. Tali staffe compaiono a Borobudur, nell'isola di Giava, nell'VIII secolo (Lefebvre des Noëttes, figg. 372-3), mancano però nel rilievo di Khmer dell'VIII-IX secolo; *ibid.*, figg. 374-5

72. *British Museum*, n. 1919, 7-9, 02. Sono grato a Mrs. James Caldwell del Mills College e al dr. Douglas Barrett, Assistant Keeper of Oriental Antiquities del British Museum, per avermi fornito la fotografia, e al dr. John Rosenfield della Harvard University per avermi confermata la datazione del dr. Barrett. Lefebvre des Noëttes, *op. cit.*, fig. 263, e A. L. Basham, *The Wonder that was India*, London 1954, p. 374, fig. XXIII, mostrano un vaso di rame, proveniente da Kulū, sui confini del Kashmir, probabilmente del I-II secolo d. C., in cui compare una cinghia pendente che sostiene i piedi del cavaliere. Il dr. Barrett mi informa tuttavia, per lettera, che non è interamente convinto dell'autenticità di questo vaso, che si trova al British Museum.

73. Cfr. Hu Shih, *The Indianization of China: a case study in cultural borrowing*, in *Independence, Convergence and Borrowing*, Cambridge, Mass., 1937, pp. 219-47.

74. Il dr. C. Carrington Goodrich della Columbia University ha richiamato la mia attenzione sulla relazione archeologica di Kao Chih-hsi, in «Kaogu Xuebao», III (1959), pp. 75-106, la quale mostra tre immagini della tomba di Hunan (tav. XI, 1; XII, 3; XIII, 5) fornite di staffe e datate al periodo Chin (265-420 d. C.). Per la citazione del 47 d. C., cfr. F. Hirt in *Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie*, 1890, p. 209; P. Pelliot in «T'oung pao», XXIV (1926), p. 259. W. C. White, *Tomb Tile Pictures of Ancient China*, Toronto 1939, p. 33, richiama l'attenzione sulla scoperta, fatta da C. W. Bishop nel Shensi, di una figura in pietra che rappresenta un bufalo inginocchiato, databile al 117 a. C., fornito di staffe. Prima della sua morte il dr. Bishop mi informò che la sella a cuscino e le staffe sono incisi sulla figura, mentre gli altri particolari sono in rilievo; pertanto egli considerò queste staffe un'aggiunta posteriore. Le affermazioni di B. Laufer, *Chinese Pottery of the Han Dynasty*, Leiden 1909, p. 230, e *Chinese Grave Sculptures of the Han Period*, New York 1911, tav. V e p. 23, che le staffe fossero conosciute ai tempi degli Han, sono confutate dal Pelliot, *op. cit.*, pp. 260-1. J. Nedham, *Science and Civilisation in China*, Cambridge 1954, I, p. 167, fig. 31, riproduce una *silhouette*, eseguita nel 1821, di un rilievo che si suppone del 147 d. C., nel quale compare una staffa. Ma E. M. Jope, in C. Singer *History of Technology*, II (1956), p. 556, nota 2 e trad. it. cit., p. 565, nota 1, manifesta comprensibilmente il suo scetticismo.

75. Stele del Royal Ontario Museum, Toronto.

76. Stele del Boston Museum of Fine Arts; cfr. O. Sirén, *Chinese Sculpture from the Fifth to the Fourteenth Centuries*, New York 1925, tavv. 109-11. Nel 1939 esaminai le staffe di una stele analoga a questa e della medesima data, appartenente alla collezione C. T. Loo, che allora fu esposta a San Francisco.

77. Stele del Chicago Art Institute; cfr. C. F. Kelley, *A Chinese Buddhist Stele of the Wei Dynasty*, Chicago 1927, tav. 6.

78. Boston Museum; cfr. Sirén, *op. cit.*, tav. 172; E. Chavannes, *Six monuments de la sculpture chinoise*, Bruxelles 1914, tav. XL; L. Ashton, *Introduction to the Study of Chinese Sculpture*, London 1924, tav. 56.

79. University of Pennsylvania Museum; cfr. E. Chavannes, *Mission archéologique dans la Chine septentrionale*, Paris 1913, tavv. 288-9; Sirén, *op. cit.*, tavv. 426-7b, e *History of Early Chinese Art: Sculpture*, London 1930, tav. 93; Ashton, *op. cit.*, tav. 47; H. E. Fernald, *The horses of T'ang T'ai Tsung and the stele of Yu*, «Journal of the American Oriental Society», LV (1935), pp. 420-28. O. Maenchen-Helfen, *Crenelated mane and scabbard slide*, « Central Asiatic Journal», III (1957), p. 120, ritiene che questi finimenti siano di forma turca.

80. Chavannes, *Mission*, tav. 294; Sirén, *Chinese Sculpture*, tav. 430, e *Early Chinese Art*, tav. 94b.

81. Cfr. «Pantheon» III (1929), p. 85; Laufer, *Chinese Clay Figures*, Chicago 1914, tavv. 71-72; C. Hentze, *Chinese Tomb Figures*, London 1928, tavv. 78-80, 84-85; «Times» di Londra, 27 marzo 1947, p. 6.

82. S. Umehara, *Deux grandes découvertes archéologiques en Corée*, «Revue des artes asiatiques», III (1926), p. 33 e tav. XVII; A. Eckhardt, *History of Korean Art*, London 1929, figg. 253, 361; H. Ikéuchi e S. Umehara in «T'ung-kou», II (1940), tavv. IX, X, XIII, e p. 9; J. Werner, *Beiträge zur Archäologie des Attila-Reiches*, «Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Kl.», XXXVIII (1956), tav. 67, 1.

83. W. K. Ashton, *Nihongi: Chronicles of Japan from the earliest times to A. D. 697*, «Transactions and Proceedings of Japan Society, London», supplemento I (1896), p. 357; E. Baelz, *Zur Vor- und Urgeschichte Japans*, «Zeitschrift für Ethnologie, XXXIX (1907), p. 308, fig. 15; N. Tsuda, *Handbook of Japanese Art*, 2ª ed., Tokyo 1936, p. 15, p. 17, fig. 12; A. Münsterberg, *Japanische Kunstgeschichte*, Brunswick 1904, II, fig. 118, n. 1. Le piú antiche staffe rimasteci, alle quali si possa attribuire una data esatta (752 d. C.), sono conservate nel Shōsōin a Nara; cfr. J. Harada, *English Catalogue of Treasures in the Imperial Repository Shōsōin*, Tokyo 1932, nn. 349-52, e tav. XLV.

84. N. Vesselovskij assicurò verbalmente Rostovcev di aver portato alla luce staffe da tombe sarmatiche nella regione di Kuban, ma il Rostovcev non vide mai questi ritrovamenti, né essi furono mai pubblicati, malgrado il loro evidente interesse; cfr. M. Rostovcev, *Iranians and Greeks in South Russia*, Oxford 1922, p. 130; *The Animal Style in South Russia and China*, Princeton 1929, p. 107, n. 2; *Skythien und der Bosphorus*, Berlin 1931, I, p. 558, nota 1; cfr. M. Ebert in «Reallexikon der Vorgeschichte», XIII (1928), p. 110, e P. Pelliot in «T'oung pao», XXIV (1926), p. 262, nota 2.

85. W. W. Arendt, *Sur l'apparition de l'étrier chez les Scythes*, «Eurasia Septentrionalis antiqua», XI (1934), pp. 206-8, presenta uno schizzo a penna di una sella, che egli ritiene scita, con staffe, ricostruita dalla scena del famoso vaso di Chertomlyk (che rappresenta una cinghia pendente, ma non staffe; cfr. E. H. Minns, *Scythians and Greeks*, Cambridge 1913, p. 75, p. 116, fig. 48; p. 277, p. 279, fig. 202; J. Tolstoi, N. Kondakov, e S. Reinach, *Antiquités de la Russie méridionale*, Paris 1891, p. 296 e cfr. p. 397), dal materiale inedito del Museo Storico di Mosca scoperto dallo Zabelin nel 1865, e dalle «analogies avec le harnais asiatique du cheval moderne». M. Ebert, *Certomlyk*, in «Reallexikon», II (1925), p. 298, giustamente nega che i nomadi dell'antichità avessero un qualche tipo di staffa. Il Bivar, *op. cit.*, p. 61, osserva che non vi sono staffe nei tumuli di Pazirik, approssimativamente contemporanei al vaso di Chertomlyk; cfr.. anche J. Haskins, *Northern origins of «Sassanian» metalwork*, «Artibus Asiae», XV (1952), p. 263, nota 73. Sfortunatamente F. Hančar, *Stand und historische Bedeutung der Pferdezucht Mittelasiens im I. Jahrtausend vor Christi*, «Kultur und Sprache.

Wiener Beiträge zur Kulturgeschichte und Linguistik», IX (1952), pp. 478-80, è stato sviato, per quanto riguarda la staffa, dal Rostovcev e dall'Arendt.

86. Le sue conclusioni sono riassunte da R. Ghirshman in «Artibus Asiae», XIV (1951), p. 184, e da A. D. H. Bivar, *op. cit.*, p. 65. Mentre questo libro va in stampa, il dr. O. Maenchen-Helfen della University of California, Berkeley mi informa che L. R. Kizlasov, *Taštykskaia epocha*, Moskva 1960, p. 140, fig. 51, 9-10, annuncia la scoperta in Siberia di piccole staffe di ferro che possono difficilmente essere posteriori al III secolo d. C., alcune delle quali appaiono anzi risalire al I o al II secolo. Dal momento che altri oggetti in miniatura sono stati trovati in queste stesse culture, queste non saranno probabilmente staffe per l'alluce, le quali d'altronde sarebbero state inutili in un tale clima.

87. S. A. Tepluchov, *Essai de classification des anciennes civilisations métalliques de la region de Minoussinsk*, «Materialy po etnografij Rossii», IV (1929), pp. 57, 62; cfr. «American Anthropologist», XXXV (1933), p. 321. A. Spitsyn, nello stabilire una stratificazione archeologica nella regione di Kama, non presentò alcuna staffa anteriore al X secolo; «Materialy po archeologii Rossii», XXVI (1902), tav. XXV, 20 e p. 63; cfr. A. A. Zakharov, *Studia levedica*, Budapest 1935, p. 39. Ma forse questa è una cautela eccessiva; cfr. A. Marosi e N. Fettich, *Trouvailles avares de Dunapentele*, Budapest 1936, p. 87.

88. Zakharov, *op. cit.*, p. 40.

89. «Materialy po archeologii Rossii», X (1893), tav. X, I; cfr. Zakharov, *op. cit.*, p. 39.

90. J. R. Aspelin, *Antiquités du nord finno-ougrien*, Helsinki 1878, p. 210.

91. H. Appelgren-Kivalo, *Alt-altaische Kunstdenkmäler*, Helsinki 1931, fig. 80. Ne devo la datazione a O. Maenchen-Helfen della University of California, Berkeley. Rappresentazioni di staffe dal Turkestan cinese tra l'VIII e il X secolo si trovano in A. Grünwedel, *Altbuddhistische Kulturstätten in Chinesisch-Turkistan*, Berlin 1912, fig. 513, e *Alt-Kutscha*, Berlin 1920, I, fig. 54; A. von Le Coq, *Bilderatlas*, figg. 69, 70, 132, 134, e p. 22; A. Stein, *Preliminary Report of a Journey of Archaeological and Topographical Exploration in Chinese Turkestan*, London 1901, tav. II, e *Ancient Khotan*, Oxford 1907, II, tav. 59.

92. Cfr. A. Banerji, *Side-lights on the later Kuṣāṇas*, «Indian Historical Quarterly», XIII (1937), pp. 105-16.

93. *Survey of Persian Art*, ed. A. U. Pope, New York 1938, I, p. 759, nota 1 e IV, p. 217; cfr. F. Sarre, *Die Kunst des alten Persien*, Berlin 1923, pp. 70, fig. 112; Bivar, *op. cit.*, p. 61, nota 11; K. Erdmann, *Die sassanidischen Jagdschallen*, «Jahrbuch der preussische Kunstsammlung», LVII (1936), p. 221, fig. 16. R. Lefebvre des Noëttes, *Deux plats sassanides du Musée de l'Ermitage*, «Aréthuse», I (1924), pp. 151-2, fu ingannato da questo piatto sí da distorcere la storia della staffa nell'Iran; cfr. *L'Attelage*, fig. 291, e M. Ebert in «Reallexikon», XII (1928), p. 101. M. S. Dimand, *A review of Sassanian and Islamic metal work*, «Ars islamica», VIII (1941), p. 197, si accordava col Pope, fondandosi su considerazioni stilistiche, nel giudicare il piatto post-sassanide. E. Herzfeld, *Postsassanidische Inschriften*, «Archäologische Mitteilungen aus Iran», IV (1932), pp. 151-4 sulla base di un'iscrizione sul piatto, lo collocò nella prima metà dell'VIII secolo. Secondo l'opinione di A. Alföldi, *A Sassanian silver phalera at Dumbarton Oaks*, «Dumbarton Oaks Papers», XI (1957), p. 239, nota 19, W. B. Henning ha recentemente confutato questa decifrazione; nondimeno l'Alföldi sembra credere che il piatto non possa essere datato prima della seconda metà del VII secolo. J. Kovrig in «Acta Archaeologica» (Budapest), VI (1955), p. 164, n. 3, crede che i lunghi e morbidi stivali, non persiani, indossati dal cavaliere, possano suggerire un'origine turca del piatto. F. Haskins, *op. cit.*, pp. 346-7, tav. VIII, fig. 4, è senza dubbio esagerato nel datarlo all'XI secolo.

Bisogna procedere con cautela nella ricerca di staffe nell'arte sassanide a causa di un particolare stivale iraniano, che ha una cinghia attorno al collo del piede, come può vedersi in un guerriero non a cavallo in Smirnov, *Argenterie orientale*, Saint-Pétersbourg 1909, fig. 308, e C. Trever, *Nouveaux sassanides de l'Ermitage*, Moskva 1937, tav. II.

94. «T'oung pao», XXIV (1926), p. 262, n. 1.

95. Abu-Dāwūd, *Jihād*, p. 74; al-Tirmidhi, *Da'awat*, p. 46; cfr. *Encycl. Islam*, I, p. 82; IV, p. 796. Devo al dr. N. H. Faris dell'Università di Beirut la traduzione di questi testi.

96. Al-Jāḥiz, *al-Bayān w-al-Tabyīn*, Cairo 1926-7, III, pp. 8, 12 cfr. *Encycl. Islam*, I, p. 1000.

97. Al-Mubarrad, *al-Kāmil*, ed. W. Wright, Leipzig 1886, p. 675; cfr. F. W. Schwarzlose, *Die Waffen der alten Araber aus ihren Dichtern dargestellt*, Leipzig 1886, p. 50; su al-Mubarrad cfr. *Encycl. Islam*, III, p. 623. Il libro di al-Mubarrad è senza dubbio la fonte delle consimili affermazioni sull'origine della staffa fatte da Ibn el 'Awwām, un musulmano spagnolo del XII secolo; cfr. Ali ibn 'Abd al-Raḥmān ibn Huḍail al-Andalusī, *La Parure des cavaliers et l'insigne des preux*, tr. L. Mercier, Paris 1924, p. X. Nel IX secolo, come le nostre citazioni hanno mostrato, la staffa era diffusa nell'Oriente musulmano. Zschille e Forrer, *op. cit.*, p. 16, citano una descrizione di come il califfo al-Ma'mūn (809-33 d. C.) distribuisse doni a Damasco «senza togliere il piede dalla staffa». Al-Maqdisī (fine del X secolo) nella *Descriptio imperii moslemici*, ed. M. J. de Goege, Leiden 1877, p. 325, nota che Samarkanda aveva un fiorente commercio di esportazione di staffe: cfr. W. Barthold, *Turkestan down to the Mongol Invasion*, London 1928, p. 235.

98. S. M. Yūsuf, *'Al-Muhallab-bin-Abī-Sufra: his strategy and qualities of generalship*, «Islamic Culture», XVII (1943), p. 2, attribuisce a al-Muhallab, e ciò è molto significativo, non solo l'introduzione della staffa di ferro, ma anche l'aver adottato l'usanza turca di mozzare la coda ai cavalli.

99. Ad esempio, su questa base, un bassorilievo della chiesa di Saint-Julien a Brioude (Haute-Loire), che mostra semplici staffe a cinghia, è stato spesso citato come merovingico, ma, come A. Demmin sottolinea (*Kriegswaffen*, Leipzig 1893, p. 355), l'armatura del cavaliere si addice meglio al X o all'XI secolo. E. László, *Der Grabfund von Kornoncó und der altungarische Sattel*, «Archaeologia hungarica», XXVII (1943), p. 159, ritiene che un tipo originario di staffa di cuoio o di corda possa spiegare la costola sotto il sostegno del piede di alcuni modelli di staffa, come pure alcune decorazioni ad intreccio ed a nodi. Tuttavia la perizia dell'artigiano e la fantasia del fabbro nel modellare il ferro incandescente rendono superflua tale interpretazione genetica.

L'*Oxford English Dictionary* fa derivare *stirrup* (staffa) dall'anglosassone *stig* (salire)+*rap* (fune), ed osserva che «come mostra l'etimologia, la staffa (*stirrup*) originaria dovette essere una fune in forma di laccio». W. Meyer-Lübke, *Etymologisches Wörterbuch der romanischen Sprachen*, 3ª ed., Heidelberg 1935, s. v. *estribo*, è incerto, ma non sa offrire niente di meglio. La parola deriva piú probabilmente da ἀστράβη, un basto da carico, trasformato talora in sella laterale da donna, con l'aggiunta di un'asse, su di un lato, sostenuta da cinghie, per servire come sostegno per i piedi; cfr. A. Mau, *Astrabe*, in Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*, Stuttgart 1896, II, coll. 1792-3; W. Günther, *Sattel*, in «Reallexikon der Vorgeschichte», XI (1928), p. 214. Una sella di questo tipo appare in un rilievo ittita del 730 a. C., che mostra una regina a cavallo (cfr. Halet Çambel, *Karatepe*, «Oriens», I [1948], p. 155, tav. I); in rilievi gallo-romani (cfr. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs*, III [1910], n. 2246; VII [1918], n. 5863); nella Bibbia di Farfa, dell'inizio dell'XI secolo («Art Bulletin», X [1928], p.

311, fig. 6); nei mosaici della Cappella Palatina di Palermo, 1143-70 (cfr. O. Demus, *Mosaics of Norman Sicily*, London 1950, tav. 18); e due volte nelle miniature (1205) dell'*Hortus deliciarum* di Herrad di Landsberg (Strassburg 1900), tavv. XXV *ter* e XXVII *bis*. Nell'età carolingia *astraba* era venuta ad indicare, non l'intera sella, ma il solo sostegno per i piedi: il glossario del *Codex leidensis 67 F*, dell'VIII-IX secolo, registra: «astraba: tabella ubi pedes requiescunt»); cfr. *Corpus glossariorum latinorum*, ed. G. Goetz, IV (1889), p. 406, XXIX. Quando poi la vera staffa raggiunse l'Occidente, essa fu assimilata linguisticamente all'*astraba*, l'unico tipo di sostegno del piede per il cavaliere che fosse già familiare ai franchi. Da questa derivò lo spagnolo *estribo*, il provenzale *estreup*, l'antico francese *estrieu* e l'anglosassone *stirap*. L'anglosassone *stigrap* e il germanico *Stegreif* sono probabilmente il risultato di un'etimologia popolare. Il *Dictionarius* di Giovanni di Garlandia (posteriore al 1218), in T. Wright, *A Volume of Vocabularies from the Tenth Century to the Fifteenth*, London 1857, p. 123, chiosa *strepae* con l'inglese *styropys*.

100. Secondo L. Mercier, *La Chasse et les sports chez les Arabes*, Paris 1927, p. 57, i cavalli, al contrario dei cammelli, erano molto rari in Arabia fino al VII secolo. La parola *gharz* appare appena nella seconda metà del VI secolo nella poesia di al-Muthaggib, *Mufaddalīyat*, XXVIII, 10, ed. C. J. Lyall, Oxford 1918, II, p. 105. J. von Hammer-Purgstall, *Das Kamel*, «Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, Phil-hist. Cl.», VII (1856), p. 86, n. 5192, crede che *gharz* sia una staffa di cuoio, mentre *rikāb* sarebbe una staffa di legno o di ferro. G. Jacob, *Altarabisches Beduinleben nach dem Quellen geschildert*, Berlin 1897, p. 69, traduce *gharz* come «staffa da cammello», ma K. Wittfogel e Fêng Chia-shêng, *History of Chinese Society: Liao (907-1125)*, Philadelphia 1949, p. 506, nota 13, ritengono che *gharz* possa essere semplicemente il cuscino su cui il cammelliere, normalmente privo di staffe, posava un piede. Lyall tuttavia, *op. cit.*, II, p. 108 nota, rileva che un antico commentatore arabo dice che *gharz* significa «cinghia», parola con la quale par che si intenda l'antica cinghia indiana, il che potrebbe spiegare un passo come quello del poeta Labīd (m. 661 d. C.): «Quando muovo [il piede nella] *gharz* [il cammello] comincia a correre rapidamente», cfr. *Die Gedichte des Lebīd*, ed. A. Huber, Leiden 1891, XXIX, 8, cfr. p. 25. Il frammento di una statua indiana del II secolo circa, è stato trovato nell'Arabia meridionale: cfr. «Archaeology», VII (1954), p. 254, e nel primo decennio del V secolo Fa Hsien vide un lussuoso ostello per i mercanti sabei a Kandy a Ceylon; cfr. S. Beal, *Chinese Accounts of India*, Calcutta 1957, p. 47; anche G. W. van Beek, *Frankincense and myrrh in ancient South Arabia*, «Journal of the American Oriental Society», LXXVIII (1958), pp. 141-52. M. Z. Siddiqi, *India as known to the ancient Arabs*, «Indo-Asian Culture», V (1957), p. 275, elenca parole arabe preislamiche di origine indiana, ad esempio quelle per «canfora» e «zenzero».

101. M. A. Stein, *Ancient Khotan*, Oxford 1907, II, tav. II; E. Schroeder, *Persian Miniatures in the Fogg Museum of Art*, Cambridge, Mass. 1942, tav. VII e p. 49.

102. Schlieben, *op. cit.*, p. 198.

103. J. Montano, *Reise auf den Philippinen*, «Globus», XLVI (1884), p. 36.

104. M. Parkyns, *Life in Abyssinia*, New York 1856, II, p. 30; S. W. Baker, *Exploration of the Nyle Tributaries of Abyssinia*, Hartford 1868, p. 263.

105. Cfr. J. Halévy, *Traces d'influences indo-parsie en Abyssinie*, «Revue sémitique», IV (1896), pp. 258-65; E. Littmann, *Indien und Abessinien*, in *Beiträge zur Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte Indiens: Festgabe H. Jacobi*, Bonn 1926, pp. 406-17; E. H. Warmington, *The Commerce between the Roman Empire and India*, Cambridge 1928, p. 13; A. J. Arkell, *Meroe and India*, in *Aspects of Archaeology*, ed. W. F. Grimes, London 1951, pp. 32-38, e la sua *History of the Sudan*, London 1955, p. 166, figg. 20, 21; per i gimnosofisti in Etiopia, cfr.

J. Filliozat, *Les Échanges de l'Inde et de l'empire romain aux premiers siècles de l'ère chrétienne*, «Revue Historique», CCI (1949), pp. 1-29.

106. Secondo il parere del dr. Wolf Leslau dell'University of California, Los Angeles.

107. W. B. Emery, *The Royal Tombs of Ballana and Qustal*, Cairo 1938, I, pp. 251-71; II, tavv. 55-56. Affreschi sudanesi, di poco posteriori al 1000, mostrano una strana incertezza sulla maniera in cui la staffa debba attaccarsi al resto della bardatura del cavallo; cfr. L. Griffith, *The church of Abd el-Gâdir near the Second Cataract*, «Annals of Archaeology and Anthropology», XV (1928), tavv. XXXV e XLIII.

108. H. Stern, *Quelques oeuvres sculptées en bois, os et ivoire de style omeyyade*, «Ars orientalis», I (1954), pp. 128-30, spiecialmente nota 77. C'è nel museo di Louvre un avorio simile a questi, ma alquanto piú rozzo, che rappresenta staffe; cfr. J. Strzygowski, *Der Dom zu Aachen und sein Entstehung*, Leipzig 1904, p. 7, fig. 4, e che, a tener conto delle scoperte dello Stern intorno agli avori di Aquisgrana, è probabilmente piú tardo. Si è discusso parimenti a lungo sui pannelli di legno intagliato che mostrano cavalieri con staffe, nella chiesa di Abu Sarga di Cairo Vecchio. A. J. Butler, *Ancient Coptic Churches of Egypt*, Oxford 1884, I, p. 191, fig. 11, li datò all'VIII secolo, poiché la chiesa fu costruita a quel tempo, ma nel suo *Islamic Pottery*, London 1925, tav. XXVII, li ascrive invece al VI secolo, senza fornire spiegazione alcuna. Per considerazioni stilistiche, tuttavia, devono essere alquanto piú tardi dei cavalieri privi di staffe della mattonella di Eton (tav. VIII), che egli attribuisce del pari al VI secolo. A. Gayet, *L'Art copte*, Paris 1902, p. 240, data i pannelli di Abu Sarga al X secolo; W. de Grüneisen, *Les Caractéristiques de l'art copte*, Florence 1922, pp. 92-93, è convinto, per quella che egli giudica una chiara influenza musulmana sui costumi, sulle bardature dei cavalli e sui dettagli ornamentali, che essi non siano anteriori all'XI secolo; J. Strzygowski, *Die Koptische Reiterheilige und der hl. Georg*, «Zeitschrift für ägyptische Sprache und Altertumskunde», XL (1902), p. 55, li attribuisce al XIII secolo.

J. Strzygowski, *Hellenistische und Koptische Kunst in Alexandria nach Funden aus Aegypten und den Elfenbeinreliefs der Domkanzel zu Aachen*, Wien 1902, p. 23, fig. 15, mostra un rilievo gravemente danneggiato di un cavaliere che funge da architrave nella moschea di Dashlut, ma forse proveniente da Bâvīt, ed asserisce che quel cavaliere, come gli avori di Aquisgrana e del Louvre, è fornito di staffe. Ma queste non sono visibili nella fotografia che egli ci presenta e che riproduce altresí nella sua *Koptische Kunst*, Wien 1904, p. 105, fig. 160, né sono visibili in un'altra fotografia in J. Clédat, *Baouit* in *Dictionnaire d'archéologie chrétienne*, ed. F. Cabrol, II, 1 (1907), p. 225, fig. 1266; e la gamba ed il piede visibili del cavaliere sono rotti cosí malamente che non sembrerebbe possibile alcuna identificazione convincente della staffa. Gli affreschi sopravvissuti a Bâvīṭ mostrano sette cavalieri, tutti privi di staffe; cfr. *ibid.*, figg. 1284-6. Dal momento che il monastero continuò ad essere abitato fino alla fine dell'XI secolo, una tarda scultura che mostri una staffa non è affatto impossibile: una miniatura copta del X-XI secolo mostra staffe ben evidenti; cfr. H. Hyvernat, *Album de Paléographie copte*, Paris 1888, tavv. XVI, XVII. Una lettera del dr. Walter Till dell'Università di Manchester, la maggiore autorità nel campo della lingua copta, mi dice che non si conosce alcun termine copto che significhi «staffa».

109. Cfr. E. Darko, *Influences touraniennes sur l'évolution de l'art militaire des Grecs, des Romains et des Byzantins*, «Byzantion», X (1935), pp. 443-69, XII (1937), pp. 119-47, e *Le Rôle des peuples nomades cavaliers dans la transformation de l'Empire romain aux premiers siècles du moyen âge*, *ibid.*, XVIII (1946-8), pp. 85-97.

110. «χρὴ... ἔχειν δὲ εἰς τὰς σέλλας σκάλας σιδηρᾶς δύο» *Arriani Tactica et Mauricii Artis militaris libri duodecim*, ed. J. Scheffer, Uppsala 1664, I, 2, p. 22; cfr. II, 8, p. 64. Cfr. R. Vári, *Sylloge tacticorum graecorum*, «Byzantion», VI (1931), pp. 401-3. I manoscritti, dei quali il piú antico rimastoci è del X secolo, sono elencati da G. Moravcsik, *Byzantinoturcica*, Budapest 1942, I, p. 252. Vi sono due recensioni, ma le staffe di ferro sono menzionate in ambedue; cfr. R. Vári, *Zur Überlieferung mittelgriechischer Taktiker*, «Byzantinische Zeitschrift», XV (1906), p. 54, e *Desiderata der byzantinischen Philologie auf dem Gebiete der mittelgriechischen Kriegswissenschaftlichen Literatur*, «Byzantinisch-neugriechische Jahrbücher», VIII (1929-30), pp. 228-9. Secondo A. Dain, *La Tradition des stratégistes byzantins*, «Byzantion», XX (1950), p. 316, sarebbe necessaria un'edizione critica di quest'opera.

111. La datazione tradizionale del 600 è stata difesa da G. Moravcsik, *Byzantinoturcica*, I, pp. 250-3, con ricca documentazione. Tuttavia, già nel 1877-8, F. Salamon in «Századok», X, pp. 1-17, 686-733, XI, pp. 124-37, tentò di provare che quest'opera non può essere anteriore al IX secolo. Nel 1906 R. Vári, «Byzantinische Zeitschrift», XV, pp. 47-48, e XIX (1910), pp. 552-3, forní importanti documenti per l'attribuzione dell'opera ad un periodo successivo a quello dell'imperatore Maurizio; cfr. F. Lammert in «Jahresbericht über die Fortschritte der klassischen Altertumswissenschaft», CCLXXIV (1941), pp. 45-47, per una sintesi delle sue argomentazioni. La sua tesi fu notevolmente rafforzata da C. M. Patrono, *Contro la paternità imperiale dell'*Οὐρβικίου Τακτικὰ στρατηγικά, «Rivista abruzzese di scienze, lettere ed arti», XXI (1906), pp. 623-38, da E. Gerland in «Deutsche Literaturzeitung», XLI (1920), pp. 446-9, 468-72, e da R. Grosse, *Römische Militärgeschichte von Gallienus bis zum beginn der byzantinischen Themenverfassung*, Berlin 1920, p. 301. Nel 1929, F. Lemmert, quando scrisse l'articolo *Steigbügel* in Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie*, seconda serie, III, 2237-8, concluse che lo Pseudo-Maurizio deve essere collocato al principio dell'VIII secolo.

112. Per una trattazione sistematica della bibliografia e dei luoghi, ma non della cronologia, vedi D. Csallány, *Archäologische Denkmäler der Awarenzeit in Mitteleuropa: Schrifttum und Fundorte*, Budapest 1956.

113. Cfr. J. Eisner, *Pour dater la civilisation «avare»*, «Byzantino-slavica», IX (1947), pp. 45-54.

114. J. Hampel, *Alterthümer des frühen Mittelalters in Ungarn*, Brunswick 1905, I, pp. 217, 223.

115. L. Huszár, *Das Münzmaterial in den Funden der Völkerwanderungszeit im mittleren Donaubecken*, «Acta archaeologica» (Budapest), V (1954), p. 96; Csallány, *Denkmäler*, p. 240.

116. J. Werner, *Münzdatierte austrasische Grabfunde*, Berlin 1935, p. 73. G. László, *Études archéologiques sur l'histoire de la société des Avars*, «Archaeologia hungarica», XXXIV (1055), p. 270, è anch'egli imbarazzato perché questa tomba contiene *tre* staffe!

117. D. Csallány, *Grabfunde der Frühawarenzeit*, «Folia archaeologica», I (1939), p. 171.

118. J. Kovrig, *Contribution au problème de l'occupation de la Hongrie par les Avars*, «Acta archaeologica» (Budapest), VI (1955), p. 175.

119. Nel datare incidentalmente 1090 siti avari, Csallány, *Denkmäler*, pp. 77-220, non pretende di assegnare staffe al VI secolo. Ma ritiene che staffe del VII secolo siano state ritrovate a Baja (n. 45), Bácsújfalu (n. 60); Komárom (n. 518), Linz-St. Peter (n. 566), Pereg (n. 759), e Szegvár (n. 870 a). A ciò si può aggiungere una tomba contenente una staffa, che J. Kovrig, *Deux tombes avares de Törökbálint*, «Acta archaeologica» (Budapest), IX (1957), pp. 131-33, assegna al principio del VII secolo. Si dovrebbe notare che il Kovrig tende, rispetto al Csal-

lány, ad antedatare gli oggetti; cfr. Kovrig, *Contribution*, p. 184, che respinge la datazione del 640 fatta da Csallány per le staffe di Bácsújfalu: cfr. Csallány, *Trouvaille d'objets incinérés de l'époque avare a Bácsújfalu*, «Archaeologiai értesítö», LXXX (1935), pp. 140-1.

120. O. Kleemann, *Samländische Funde und die Frage der ältesten Steigbügel in Europa*, «Rheinische Forschungen zur Vorgeschichte», V (1956), p. 116. Kleemann, p. 117, giustamente considera assai dubbia la datazione al VI secolo di una staffa trovata a Hofzumberge presso Mitau; cfr. H. Moora, *Die Eisenzeit in Lettland*, I, Dorpat 1929, p. 57; II (1938), p. 529.

121. Kleemann, *op. cit.*, tav. XXXI, *g*; per la data, cfr. O. Tischler, *Ostpreussische Altertümer aus der Zeit der grossen Grabfelder*, Königsberg 1902, tav. 30, 1.

122. N. Aberg, *Ostpreussen in der Völkerwanderungzeit*, Uppsala 1919, pp. 126-7, fig. 182.

123. Kleemann, *op. cit.*, tav. XXXII, *b*.

124. Cfr. I. Bóna, *Die Langobarden in Ungarn*, «Acta archaeologica» (Budapest), VII (1956), pp. 132-242.

125. R. Mengarelli, *La necropoli barbarica di Castel Trosino presso Ascoli Piceno*, «Monumenti antichi», XII (1902), p. 290, fig. 180; Csallány, *Archaeologische Denkmäler*, p. 95, n. 143; B. Thordeman, *The Asiatic splint-armour in Europe*, «Acta archaeologica» (Köbenhavn), IV (1933), p. 145. Thordeman, p. 125, nota 7, dice che un'altra armatura a piastre proveniente dalla sepoltura 79 è esposta nel Museo Nazionale di Roma, ma non è elencata dal Mengarelli, p. 253. Resti di selle prive di staffe furono trovati anche a Castel Trosino, tomba 90 (Mengarelli, *loc. cit.*), e a Nocera Umbra, tomba 5; cfr. R. Paribeni, *Necropoli barbarica di Nocera Umbra*, «Monumenti antichi», XXV (1919), pp. 168-70, figg. 14-17. Non vi sono staffe provenienti dai cimiteri longobardi di Testona, vicino a Torino, né di Cividale del Friuli; cfr. E. e C. Calandra, *Di una necropoli barbarica scoperta a Testona*, «Atti della Società di Archeologia e Belle Arti per la provincia di Torino», IV, I (1880), pp. 17-52; S. Fuchs, *La suppellettile rinvenuta nelle tombe della necropoli di San Giovanni a Cividale*, «Memorie storiche forogiuliesi», XXXIX (1951), pp. 2-5.

126. Mengarelli, *op. cit.*, p. 239, fig. 100; per la datazione del cimitero considerato nel suo complesso, cfr. *ibid.*, p. 186; per la probabile datazione della tomba 41, *ibid.*, p. 187, e per la sua posizione vicino alla chiesa di S. Stefano, la tav. II.

127. L'affermazione di Schlieben, *op. cit.*, p. 171, e di Zschille e Forrer, *op. cit.*, p. 4, che Isidoro di Siviglia (m. 636) definisse le staffe come «Scansuae: ferrum per quod equus scanditur», ha scarso fondamento. Questa definizione non si trova nelle *Etymologiae*, ma nelle *Glossae Isidori* compilate dallo Scaligero alla fine del XVI secolo; cfr. *Corpus glossariorum latinorum*, ed. G. Goetz, V, Leipzig 1894, p. 611; cfr. I (1923), p. 249. Il silenzio di Isidoro è significativo, dal momento che nei suoi *Etymologiarum libri XX*, ed. W. M. Lindsay, Oxford 1911, XX, XVI, *De instrumentis equorum*, egli ci fornisce un inventario molto particolareggiato dei nomi delle parti dell'equipaggiamento per cavalcare. Né si può d'altronde affermare che Isidoro fosse soltanto un compilatore che traeva il suo materiale da opere precedenti, incapace di vedere le novità intorno a sé: nella sezione precedente XX, XV, 3, ci fornisce infatti il termine locale del latino spagnolo per «mazzacavallo», *ciconia*, una parola che non si trova altrove nei testi antichi. G. Joly, *Les chevaux mérovingiens d'après les données de Grégoire de Tours*, «Bulletin trimestriel de la Société Archéologique de Touraine», XIX (1914), p. 311, trova che gli autori merovingici non menzionano le staffe, ed il racconto di Gregorio (*Historia Francorum*, VI, 31) dell'assassinio di Chilperico nel 584, che avvenne mentre egli si appoggiava alla spalla di un servo per scendere da cavallo, ci prova che le staffe non si usavano a quel tempo.

128. W. Veeck, *Die Alemannen in Württemberg*, Berlin 1931, I, p. 75.

129. H. Müller-Karpe, *Hessische Funde von der Altsteinzeit bis zum frühen Mittelalter*, Marburg 1949, p. 62.

130. «Westdeutsche Zeitschrift für Geschichte und Kunst», XXI (1902), p. 433, tav. 11, n. 12.

131. Veeck, *op. cit.*, p. 335; Reuss, *Bericht über die Funde aus einigen «celtischen» Grabhügeln bei Hailtingen und einem «romanischen» bei Andelfingen*, «Verhandlungen des Vereins für Kunst und Alterthum in Ulm und Oberschwaben», IX-X (1855 [non 1858]), p. 90.

132. Veeck, *op. cit.*, p. 329.

133. *Ibid.*, pp. 165-8.

134. J. Werner, *Der Fund von Ittenheim: ein Alamannisches Fürstengrab des 7. Jahrhunderts im Elsass*, Strassburg 1943, p. 12, fig. 4; p. 29.

135. Veeck, *op. cit.*, p. 112.

136. Ad esempio L. Lindenschmidt, *Handbuch der deutschen Alterthumskunde I: Die alterthümer der merovingischen Zeit*, Brunswick 1880, p. 288; J. Hampel, *op. cit.*, I, p. 217; É. Salin e A. France-Lanord, *Rhin et Orient, II: Le Fer à l'époque mérovingienne*, Paris 1943, p. 220. H. Stolpe e T. J. Arne, *La Nécropole de Vendel*, Stockholm 1927, tav. XLII, fig. 13, mostrano un oggetto databile con una certa sicurezza tra il 650 e il 700, che viene spiegato come un rinforzo di ferro per una staffa di legno, soprattutto per la sua posizione nella sepoltura. Ma la forma ad U della sezione e la mancanza di un anello alla sommità rendono poco probabile l'identificazione. La tav. XIV, fig. 1, mostra staffe provenienti dallo stesso luogo databili all'800 circa; cfr. p. 59, 21-22.

137. L. Lindenschmidt (figlio), *Die Alterthümer unserer heidnischen Vorzeit*, V, Mainz 1911, p. 196, tav. 36, figg. 576-7.

138. F. Kaufmann, *Deutsche Altertumskunde*, München 1923, II, p. 669, nota 7; queste possono essere del IX secolo; cfr. Lindenschmidt, *op. cit.*, IV, Mainz 1900, tav. 23. K. M. Kurtz, *Die alemannischen Gräberfunde von Pfahlheim im Germanischen Nationalmuseum*, «Mitteilungen aus dem Germanischen Nationalmuseum, Nürnberg», I (1884-6), pp. 173-4, menziona staffe simili a queste, della tarda età merovingica o della prima età carolingia, provenienti da Öhringen e da Grossingerheim, ma su queste non ho altre informazioni. Una staffa trovata a Gabensdorf può essere datata alla fine dell'VIII secolo; cfr. K. Dinklage, *Zur deutschen Frühgeschichte Thüringens*, «Mannus», XXXIII (1941), p. 496, tav. 6, fig. 2. Fondandosi su elementi puramente stilistici H. J. Hundt, *Ein tauschierter Steigbügel von Aholfing*, «Germania», XXIX (1951), pp. 259-61, tenta di datare alcune altre staffe all'VIII piuttosto che al IX secolo. Quelle estratte dal fiume Ucker sono probabilmente dell'inizio dell'XI secolo: cfr. K. Raddatz, *Steigbügel frühgeschichtlicher Zeit aus der Uckermark*, «Berliner Blätter für Vor- und Frühgeschichte», III (1954), pp. 57-60.

139. Müller-Karpe, *op. cit.*, p. 61, fig. 28; per la data p. 65.

140. Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, p. 74.

141. Cfr. P. Reinecke, *Reihengräber und Friedhöfe der Kirchen*, «Germania», IX (1925), pp. 103-7.

142. Per le staffe danesi, dalla fine dell'VIII secolo in poi, vedi J. Brønsted, *Danish inhumation graves of the Viking Age*, «Acta archaeologica» (Köbenhavn), VII (1936), pp. 81-228. H. Arbman, *Schweden und das karolingische Reich*, Stockholm 1937, p. 221, nota 4, e tav. 69, mostra staffe provenienti da una sepoltura del IX secolo presso Groningen, in Olanda. Contrariamente a quanto sostiene H. J. Hundt, *loc. cit.*, le staffe provenienti da Immenstadt nello Schleswig sono probabilmente del IX secolo; cfr. H. Handelmann, *Vorgeschichtliches Burgwerk und Brückwerk in Dithmarschen*, «Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für

Anthropologie» (1883), p. 25, e L. Lindenschmidt, *Alterthümer*, IV, tav. 23. Antiche staffe di questo tipo sono state trovate in laghi e fiumi; cfr. H. J. Hundt, *op. cit.*; J. Pilloy, *L'Équitation aux époques franque et carolingienne*, «Bulletin archéologique» (1894), p. 164. Per testimonianze di staffe del IX e X secolo nell'Holstein, a Poznań nella Prussia orientale e nella Norvegia, cfr. «Zeitschrift für Geschichte von Schleswig-Holstein», XVI (1886), p. 411; B. Engel, *Steigbügel des 9. Jahrhunderts*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», II (1900-2), p. 418; O. Olshausen, *Bemerkungen über Steigbügel*, «Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie» (1890), pp. 207-9; P. Paulsen, *Der Stand der Forschung über die Kultur der Wikingerzeit*, «Bericht der Römisch-Germanischen Kommission», XXII (1932), p. 228, tavv. 30-31; O. Rygh, *Norske oldsager*, Oslo 1885, nn. 587-90.

143. L. White, jr., *Natural science and naturalistic art in the Middle Ages*, «American Historical Review», LII (1947), pp. 421-35. J. Pijoan, *Summa artis*, Madrid 1935, p. 420, sottolinea che la reazione piú importante contro questa tradizione fu lo sforzo iconoclasta di produrre un'arte figurativa profana, legata da una stretta imitazione alla maniera antica, ma essa, naturalmente, avrebbe tralasciato le staffe.

144. Biblioteca di Stato di Berlino, Ms. Syr. 28, c. 8*v*; cfr. A. Baumstark, *Spätbyzantinische und frühchristlich-syrische Weinachtsbilder*, «Oriens christianus», nuova serie, III (1913), pp. 118, 123; E. Sachau, *Verzeichnis der syrischen Handschriften der Königlichen Bibliothek zu Berlin*, Berlin 1899, p. 121. Questa data è accettata da A. Heisenberg in «Byzantinische Zeitschrift», XXII (1913), p. 617; G. Millet, *Recherches sur l'iconographie de l'Évangile*, Paris 1916, p. 149; H. Buchthal e O. Kurz, *Handlist of Illuminated Oriental Christian Manuscripts*, London 1942, p. 9, n. 3.

145. L'avorio del Museo di Cluny, attribuito al IX secolo da R. Lefebvre des Noëttes, *L'Atelage*, fig. 344, è dell'XI secolo, secondo il parere di A. Goldschmidt e K. Weitzmann, *Byzantinische Elfenbeinskulpturen*, Berlin 1930-4, n. 41. M. Bárány-Obershall, *The Crown of the Emperor Constantine Monomachos*, Budapest 1937, p. 61, tav. XIII, 2, attribuisce un tessuto bizantino del tesoro di Mozac, che raffigura delle staffe, all'VIII secolo, sulla base di una leggenda, non confermata da altre testimonianze, che esso fosse stato donato a Mozac da Pipino il Breve. H. d'Hennezel, *Decorations and Designs of Silken Masterpieces Ancient and Modern Belonging to the Textile Historical Museum at Lyon*, New York 1930, tav. 9, lo colloca nel IX secolo.

146. Carte 409*v*, 440*r*; cfr. C. R. Morey, *Notes on East Christian miniatures*, «Art Bulletin», XI (1929), p. 92; H. Omont, *Miniatures des plus anciens manuscrits grecs de la Bibliothèque Nationale*, Paris 1929, p. 10, tavv. LIV, LIX; J. Martin in *Late Classical and Mediaeval Studies in Honor of A. Friend*, Princeton 1955, p. 191.

147. Carte 329*r* e forse 31*r*; riproduzioni nel *Princeton Index of Christian Art*; cfr. H. Bordier, *Descriptions des peintures et autres ornements contenus dans les manuscrits grecs de la Bibliothèque Nationale*, Paris 1883, p. 90; K. Weitzmann, *Die Illustrationen der Septuaginta*, «Münchener Jahrbuch der bildenden Kunst», III-IV (1952-53), pp. 105, 111.

148. Museo storico di Mosca, Ms. greco 129, c. 97*v*, c. 140*v*; fotografie nel *Princeton Index*. La carta 97*v* è riprodotta in O. Strunk, *The Byzantine office of Hagia Sophia*, «Dumbarton Oaks Papers», IX-X (1956), pp. 175-202, fig. 2. Questo Salterio può essere dei primissimi anni del X secolo; cfr. J. Martin, *op. cit.*, p. 190. Veramente L. H. Grondijs, *La datation des psautiers byzantins, et en particulier du psautier Chludof*, «Byzantion», XXV-XXVII (1955-57), pp. 519-616, cerca di attribuirlo all'XI secolo, ma con risultati alquanto dubbi.

149. *Leonis imperatoris tactica*, VI, 10, ed. R. Vári, Budapest 1917, I, p. 105. Il tentativo di K. Zachariae von Lingenthal di attribuire quest'opera a Leone III (717-40) è fallito; cfr. M. Mitard, *Études sur le règne de Léon VI*, «Byzantinische Zeitschrift», XII (1903), pp. 585-93, e E. Gerland in «Deutsche Literaturzeitung», XLI (1920), p. 469.

150. Cfr. sopra, nota 111.

151. *Op. cit.*, p. 237, fig. 294. *Ibid.*, fig. 366, egli suggerisce che un pezzo di un giuoco di scacchi indiano, che si suppone donato a Carlomagno da Hārūn al-Rashīd, può aver introdotto l'idea della staffa tra i franchi; cfr. A. Goldschmidt, *Die Elfenbeinskulpturen aus der romanischen Zeit*, Berlin 1926, IV, p. 5, fig. 6. Ma quella figura appartiene al tempo delle Crociate; cfr. W. M. Conway, *The abbey of Saint-Denis and its ancient treasures*, «Archaeologia», LXVI (1915), p. 152, tav. XII, fig. 5.

152. Biblioteca pubblica di Valenciennes, Ms. 99, cc. 12*v*, 13*r*, 19*r*, 35*r*; fotografie in *Princeton Index*; Bibliothèque Nationale, *Les Manuscrits à peintures en France du VIIe au XIIe siècle*, 2^a^ ed., Paris 1954, p. 41 (97); cfr. W. Neuss, *Die Apokalypse des Hl. Johannes in der altspanischen und altchristlichen Bibel-Illustrationen*, Münster i. W. 1931, I, pp. 249, 265, 286; H. Omont, *Manuscrits illustrés de l'Apocalypse aux IXe et Xe siècles*, «Bulletin de la Société française de Reproductions de Manuscrits à Peintures, VI (1922), tavv. XVIII, XXVII; A. Boinet, *La miniature carolingienne*, Paris 1913, tavv. CLVIII e CLIX; M. R. James, *The Apocalypse in Art*, London 1931, p. 37.

153. Biblioteca Nazionale, Parigi, Ms. nouv. acq. latin 1132, cc 8*v*, 29*r*; fotografie in *Princeton Index*; cfr. Omont., *op. cit.*, p. 64; *Manuscrits à peintures*, p. 41 (98).

154. G. B. Tatum, *The Paliotto of Sant'Ambrogio at Milan*, «Art Bulletin», XXVI (1944), p. 45, fig. 20; per la data cfr. V. Elbern, *Der karolingische Goldaltar von Mailand*, Bonn 1952.

155. A. Merton, *Die Buchmalerei in St. Gallen vom neunten bis elften Jahrhundert*, Leipzig 1912, p. 38 sgg., tavv. XXVIII, XXIX; Boinet, *op. cit.*, tavv. CXLV, CXLVI; A. Bruckner, *Scriptoria medii aevi helvetica, III: St. Gallen II*, Genève 1938, p. 58, tav. XXI. Un altro manoscritto latino, probabilmente del IX secolo, contenente staffe, è il Prudenzio di Berna, Biblioteca Pubblica, cod. 264, c. 31*v*; cfr. R. Stettiner, *Die illustrierten Prudentiushandschriften*, Berlin 1905, tav. 130; Lefebvre des Noëttes, *op. cit.*, fig. 296. Nel X secolo aumentano le testimonianze di staffe nell'occidente: si trovano nei *Maccabei* di Leyda, Biblioteca dell'Università, cod. Perizoni 17, cc. 22*r*, 24*v*, 37*r* (cfr. Merton, *op. cit.*, pp. 64-66, tavv. LVI, LVII; Lefebvre des Noëttes, *op. cit.*, fig. 298, lo data erroneamente al principio dell'XI secolo); in due manoscritti di Prudenzio, conservati a Bruxelles, Biblioteca Reale, Mss. 9987-91, c. 97*v*, e Mss. 10066-77, c 112*v* (Lefebvre des Noëttes, *op. cit.*, 299; Stettiner, *op. cit.*, tavv. 68, 169); nel Beato, databile al 975, dell'archivio della cattedrale di Gerona, c. 134*v* (Neuss, *op. cit.*, I, 22); nel *Codex Epternacensis* a Gotha, del 990 circa, cc. 19*r*, 77*v* (K. Lamprecht, *Der Bilderschmuck des Cod. Egberti zu Trier und des Cod. Epternacensis zu Gotha*, «Jahrbücher des Vereins von Alterthumsfreunden im Rheinlande», LXX [1881], tav. X); e in un capitello della chiesa di San Celso a Milano, prima del 998 (C. Ramussi, *Milano ne' suoi monumenti*, Milano 1893, p. 158, fig. 115).

156. Schlieben, *op. cit.*, p. 180.

157. E. A. Gessler, *Die Trutzwaffen der Karolingerzeit vom VIII. bis zum XI. Jahrhundert*, Basel 1908, pp. 32, 43, 60, 101; Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, p. 75. A. France-Lanord, *La fabrication des épées damassées aux époques mérovingienne et carolingienne*, «Pays gaumais», X (1949), p. 39, trova tali spade sin dal VI secolo, ma assai piú numerose a partire dal secolo VIII. Per la balistica e

per l'evoluzione della *francisca*, che era contemporaneamente un'arma da lancio ed un'arma per il combattimento corpo a corpo, cfr. E. Salin, *La Civilisation mérovingienne, III: Les Techniques*, Paris 1957, pp. 40-42. Tenendo conto della sua opinione, che la tendenza occidentale, sin dai tempi di Roma, verso spade sempre piú lunghe mostra l'influenza dei cavalieri nomadi dell'Asia (*ibid.*, pp. 90-94, 109), è strano che il Salin, p. 58, sostenga che la spada carolingia fosse un'arma per la fanteria piuttosto che per la cavalleria.

158. A. Zeki Validi, *Die Schwerter der Germanen nach arabischen Berichten des 9-11. Jahrhunderts*, «Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft», XC (1936), pp. 19-37. Salin, *op. cit.*, III, pp. 97, 105-7, 112, 196, trova una grande produzione di spade finemente laminate destinate all'esportazione nella Renania carolingia; ma, p. 107, crede che verso l'XI secolo le spade germaniche intarsiate cadessero in disuso a causa della piú pesante armatura difensiva. Tuttavia queste spade continuarono ad essere fabbricate fino al XII secolo; cfr. C. Panseri, *Ricerche metallografiche sopra una spada da guerra del XII secolo*, «Documenti e contributi per la storia della metallurgia», I (1954), pp. 5-33.

159. La lancia con sbarretta d'arresto o gigliata si trova in mosaici romani che ne mostrano l'uso nella caccia di cinghiali, orsi e leopardi; cfr. J. Aymard, *Essai sur les chasses romaines dès origines à la fin du siècle des Antonins*, Paris 1951, pp. 312-13, tavv. XIIC, XVI, XXXIV; E. Salin, *Le Mobilier funéraire de la Bussière-Étable*, «Monuments et mémoires publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres», XLV (1951), p. 93, n. 1. La ferocia di questi animali una volta feriti è tale che lance di questo genere sono state normalmente usate, perfino nei secoli recenti, per la caccia, e possiamo affermare con sicurezza che gli esempi sparsi, anteriori all'età carolingia, erano destinati alla caccia, piuttosto che alla guerra. Gli esempi germanici del Salin dovrebbero essere integrati con quelli tratti dai cimiteri longobardi di Castel Trosino, Nocera Umbra e Testona (cfr. R. Mengarelli in «Monumenti antichi», XII [1902], p. 198, fig. 35; R. Paribeni, *ibid.*, XXV [1919], p. 180, fig. 26; E. e C. Calandra in «Atti della Società di Archeologia e Belle Arti per la Provincia di Torino», IV, 1 [1880], p. 28, tav. I, figg. 19, 22), da un esempio della fine del V secolo proveniente da Hammelburg nella bassa Franconia (H. Müller-Karpe, *Das Hammelburger Kriegergrab der Völkerwanderungzeit*, «Mainfränkisches Jahrbuch für Geschichte und Kunst», VI [1954], p. 205, fig. 2), un altro della fine del VII secolo, proveniente dal Baden (A. Dauber, *Ein fränkisches Grab mit Prunklanze aus Bargen, Ldkr. Sinsheim, Baden*, «Germania», XXXIII [1955], pp. 381-90), un altro, approssimativamente della stessa data, proveniente da Bülach (J. Werner, *Das Alamannische Gräberfeld von Bülach*, Basel 1953, tav. XXXV, 11), un altro della fine del VII secolo o del principio dell'VIII su di una strana placca di terracotta proveniente da Issoire (R. Lentier, *Plaque funéraire de terre cuite mérovingienne*, «Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, Mainz», I [1954], pp. 237-44, tav. 21), ed un altro della prima metà dell'VIII secolo proveniente dall'Assia (H. Müller-Karpe, *Hessische Funde von der Altsteinzeit bis zum frühen Mittelalter*, Marburg 1949, pp. 63-65, fig. 29).

160. Gessler, *op. cit.*, pp. 43-44, 49, 60. Il famoso rilievo di Hornhausen, che mostra un cavaliere con scudo e con una pesante lancia con sbarretta d'arresto è stato attribuito al principio del VI secolo. Tuttavia esso è probabilmente del X secolo; cfr. C. A. R. Radford, *The sculptured stones at Hornhausen*, «Antiquity», XVI (1942), pp. 175-7 e tav. IV. La situazione assurda nella quale senza volerlo perfino un grande studioso può venirsi a trovare, se trascura la tecnologia, non può essere meglio illustrata che dal caso di A. Goldschmidt, *An Early Manuscript of the Aesop Fables of Avianus*, Princeton 1947, p. 25, che, commentando un disegno dell'VIII-X secolo, di un re a cavallo, dice: «La caratteristica

lunga lancia che si incontra nelle monete imperiali bizantine è data parimenti al "rex regum" e, per mezzo di una breve barra trasversale, adattata ad una significazione cristiana.»

161. Cfr. sopra, p. 23.

162. La sbarretta trasversale delle nuove lance era cosí appariscente e cosí facilmente riproducibile che gli artisti rapidamente l'adottarono; cfr. G. Kossina, *Germanische Kultur im I. Jahrtausend nach Christus*, I, Leipzig 1932, figg. 347, 352. Tuttavia la rappresentazione della lancia tenuta in resta si fece strada molto lentamente: mancava la magnificenza del gesto che è nel colpo vibrato con il braccio, tanto che questa ultima immagine si trova perfino nell'Arazzo di Bayeux, in un periodo nel quale ormai assai difficilmente si sarà potuto ammirarlo in una vera battaglia. Nelle rappresentazioni è spesso molto difficile distinguere la lancia pesante dell'*espieu* o lancia leggera fatta per essere tenuta protesa con tutto il braccio. Quest'ultima si trova ancora nell'Arazzo di Bayeux, ma cadde in disuso sulla fine del XII secolo; cfr. U. T. Holmes, jr., *Daily Living in the Twelfth Century*, Madison 1952, p. 171. R. Crozet, *Nouvelles remarques sur les cavaliers sculptés ou peints dans les églises romanes*, «Cahiers de civilisation médiévale», I (1958), pp. 27-36, mette in evidenza la complessità e l'importanza della tradizione iconografica in tali immagini. Le piú antiche rappresentazioni della lancia tenuta in resta si incontrano nella Biblioteca civica di Berna, Ms. 264, cc. 31*r*, 32*r*, probabilmente del IX secolo (cfr. Stettiner, *op. cit.*, tavv. 129, 131), e nella grande Bibbia di San Paolo fuori le Mura (cfr. Gessler, *op. cit.*, p. 55). Esempi del X secolo si possono trovare a Bruxelles, Bib. Royale, Mss. 9987-91 (cfr. Stettiner, *op. cit.*, tav. 68), e nella biblioteca dell'Università di Leida, Cod. Perizoni 17 (cfr. Merton, *op. cit.*, tav. LV). Lefebvre des Noëttes assegna al 1120 circa il piú antico esempio che egli riporti di lancia in resta (*op. cit.*, fig. 304); ma Neuss, *op. cit.*, I, p. 34, II, fig. 183, lo pone tra il 1028 e il 1072; cfr. anche R. S. Loomis, *Geoffrey of Monmouth and the Modena archivolt*, «Speculum», XIII (1938), p. 227; M. Schapiro, *From Mozarabic to Romanesque in Silos*, «Art Bulletin», XXI (1939), p. 358, restringe la datazione al 1050-1072. M. Avery, *Exultet Rolls*, Princeton 1936, tav. LXXIV, mostra un esempio del principio dell'XI secolo. L'artificiosità di molte rappresentazioni artistiche e il persistere dell'antica e convenzionale posizione di attacco, sono mirabilmente dimostrate in un frontespizio del 1611, che rappresenta un cavaliere con armatura tipica del tardo Medioevo, il quale porta la lancia alla maniera classica mentre accanto a lui sono Atena ed Eracle; cfr. A. Gilbert, *Fr. Lodovico Melo's «Rules for Cavalry»*, «Studies in the Renaissance», I (1954), tav. I. Nella letteratura feudale c'è una assimilazione graduale degli elementi drammatici del combattimento d'urto, con il crescente interesse per la velocità del cavallo nella carica, che determinava la potenza del colpo della lancia, e con una attenzione particolare per il gesto di porre la lancia in resta al momento della carica; cfr. K. Grundmann, *Zur Entwicklung der Schilderung des Lanzenkampfes in der Höfischen Epik*, «Collegii Assistentium Universitatis J. Pilsudski Varsoviensis commentarii annales», I (1936), pp. 359-66, 374.

163. Ad esempio la manovella meccanica; cfr. sotto, pp. 172-176.

164. Confrontata con la cultura ecclesiastica, la cultura cavalleresca sembra aver avuto profonde diversità; ad esempio E. R. Labande, *Le «Credo» épique: à propos des prières dans les chansons de geste*, «Mémoires et documents publiés par la Société de l'École de Chartes», XII, 2 (1955), pp. 62-80, dimostra che le preghiere dei cavalieri contengono soprattutto elementi biblici, e temi molto meno leggendari ed apocrifi di quelli che si incontrano nell'iconografia delle chiese contemporanee.

165. Uno dei misteri insoluti della storia economica è l'improvviso passaggio dei franchi, intorno al 700, da un sistema aureo ad un sistema argenteo; cfr. F. Lot, *De la circulation de l'or du IVe au VIIe siècle*, nelle sue *Nouvelles recherches sur l'impôt foncier et la capitation personnelle sous le bas-empire*, Paris 1955, p. 146. Anche l'Italia e la Spagna musulmana abbandonarono la monetazione aurea in quel periodo; cfr. C. M. Cipolla, *Money, Prices and Civilization in the Mediterranean World, Fifth to Seventeenth Century*, Cincinnati 1956, p. 20, nota 14, trad. it., Venezia 1957, p. 32, nota 14. A. R. Lewis, *Le Commerce et la navigation sur les côtes atlantiques de la Gaule du Ve au VIIIe siècle*, «Moyen âge», LX (1953), pp. 278-80, sostiene che il passaggio dall'oro all'argento alla fine del VII secolo è connesso all'apertura delle nuove miniere d'argento nella Gallia ed in Inghilterra, e questo è un segno di prosperità commerciale, piuttosto che di regresso. Tuttavia R. Doehaerd, *Les Réformes monétaires carolingiennes*, «Annales: économies, sociétés, civilisations», VII (1952), p. 19, dimostra che il nuovo «denaro» carolingio era basato su di un rapporto di conio musulmano, e ciò sta ad indicare che la circolazione monetaria era piú importante in oriente che nelle regioni franche.

166. La prevenzione contro le confische delle terre della Chiesa era cosí forte che verso il 755 i Carolingi cominciarono a richiedere ai possessori di tale *precariae verbo regis* che pagassero ai precedenti proprietari ecclesiastici un quinto del prodotto annuale. Chiarendo una questione a lungo imprecisata, G. Constable, «*Nona et decima*»: *an aspect of Carolingian economy*, «Speculum», XXXV (1960), pp. 224-50, dimostra che questi pagamenti erano del tutto distinti dalla decima che era dovuta regolarmente da tutte le terre.

167. H. Wartmann, *Urkundenbuch S. Gallen*, Zürich 1863, I, 34, n. 31.

168. *Lex ribuaria*, XXVI, 11; *MGH*, *Leges*, V, p. 231; cfr. Delbrück, *op. cit.*, III, p. 4; Kaufmann, *op. cit.*, I, p. 339, nota 1.

169. H. Fehr, *Das Waffenrecht der Bauern im Mittelalter*, «Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germ. Abt.», XXXV (1914), p. 116. Questa posizione ortodossa è stata confutata brillantemente, ma credo senza successo, da H. Dannebauer, *Die Freien im karolingischen Herr*, in *Aus Verfassungs- und Landesgeschichte: Festschrift für T. Mayer*, Lindau 1954, I, pp. 49-64, il quale sostiene che la nozione di un dovere generale di tutti gli uomini liberi al servizio militare è un trasferire ai franchi un concetto proprio del XIX secolo: egli afferma invece che un tale servizio era dovuto soltanto da coloro che risiedevano nelle terre regie (*centenae*). Sebbene, tranne il caso di circostanze eccezionali e disperate, semplici considerazioni logistiche sconsigliassero l'arruolamento dell'intera popolazione maschile nell'esercito, nondimeno in tutti i regni germanici sembra sopravvivesse uno spirito tribale sufficiente ad equiparare il semplice uomo libero con il guerriero.

170. Tuttavia l'idea che i fanti si presentassero talvolta armati soltanto di bastoni sembra improbabile, malgrado il *Capit. Aquisgranense* (801-13), § 17: «Quod nullus in hoste baculum habeat, sed arcum», *MGH*, *Cap.*, I, p. 172. Mangoldt-Gaudlitz, *op. cit.*, p. 61, emenda intelligentemente con *jaculum*, nel qual caso il capitolare mostra lo sforzo compiuto da Carlomagno per organizzare la fanteria in modo tale che potesse cooperare efficacemente con la cavalleria. Il giavellotto induceva i contendenti a combattere cosí vicini che la cavalleria non avrebbe potuto caricare efficacemente senza travolgere la propria fanteria. Nell'antichità la cavalleria aveva generalmente la funzione di difendere le ali, ma quando si fu pienamente sviluppato lo schieramento medioevale di battaglia la cavalleria prese posizione alle spalle della fanteria, con pattuglie lungo i fianchi. I fanti iniziavano la battaglia con una grandine di frecce, e poi i cavalieri caricavano il nemico attraverso varchi lasciati liberi tra le unità dei loro stessi arcieri; cfr. *ibid.*, p. 83. K. Rübel,

Fränkisches und Spätromanisches Kriegswesen, «Bonner Jahrbücher», CXIV (1906), p. 138, sottolinea che punte di frecce franche sono state per la prima volta trovate negli scavi delle fortificazioni degli ultimi anni del regno di Carlomagno. Le frecce usate in battaglia (ben distinte dalle frecce per la caccia) tendevano progressivamente a perdere le alette, poiché una forma piú compatta sarebbe penetrata meglio nelle corazze che si facevano sempre piú pesanti; cfr. *London Museum Medieval Catalogue*, London 1940, pp. 66-69. Malgrado la loro tattica di stretta cooperazione con gli arcieri, i cavalieri medioevali disprezzavano le armi da lancio, come armi degli strati sociali piú bassi; cfr. A. T. Hatto, *Archery and chivalry: a noble prejudice*, «Modern Language Review», XXXV (1940), pp. 40-54.

171. Fehr, *op. cit.*, pp. 118-19, dimostra che il tentativo compiuto da A. Dopsch, *Wirtschaftsentwicklung der Karolingerzeit*, Weimar 1913, II, pp. 18-19, di provare che questo piano di ripartire il peso delle prestazioni militari fosse anteriore a Carlomagno, si fonda su di un'interpretazione errata di un capitolare dell'825 (*MGH*, *Cap.*, I, p. 325, cap. 3).

172. *MGH*, *Cap.*, I, 134, cap. 2; cfr. Brunner, *Deutsche Rechtsgeschichte*, 2ª ed., München 1928, II, pp. 273-5.

173. Si incontra per l'ultima volta nell'864; cfr. *MGH*, *Cap.*, II. p. 310.

174. *MGH*, *Cap.*, I, 137, cap. 2.

175. *Ibid.*, 329, cap. 1; 325, cap. 3; cfr. K. Bosl, *Freiheit und Unfreiheit: zur Entwicklung der Unterschichten in Deutschland und Frankreich während des Mittelalters*, «Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte», XLIV (1957), pp. 206-7.

176. G. Duby, *La Société aux XIe et XIIe siècles dans la région mâconnaise*, Paris 1953, p. 231; F. L. Ganshof, *Les Relations féodo-vassaliques aux temps post-carolingiens*, in *Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, II (1955), pp. 83-5; K. J. Hollyman, *Le Développement du vocabulaire féodal en France pendant le haut moyen âge*, Paris 1957, pp. 129-34.

177. G. Mathew, *Ideals of knighthood in late fourteenth-century England*, in *Studies in Medieval History presented to F. M. Powicke*, Oxford 1948, p. 360.

178. H. A. Cronne, *The origins of feudalism*, «History», XXIV (1939), p. 253.

179. *De procinctu Romanae miliciae*, ed. E. Dümmler, in «Zeitschrift für deutsches Alterthum», XV (1872), pp. 444 sgg. In questa sezione 3, Rabano si allontana notevolmente dal suo modello, *Epitoma rei militaris* di Vegezio, I, 4 (il corsivo è parafrasi di Vegezio): «*Legebantur autem et assignabantur apud antiquos milites incipiente pubertate*: quod et hodie servatur, ut videlicet pueri et adholescentes in domibus principum nutriantur, quatinus dura et adversa tollerare discant, famesque et frigora caloresque solis suffere. *Nam si haec aetas absque exercitio et disciplina praeterierit statim corpus pigrescit*. Unde et vulgaricum proverbium ac nostris familiare est quod dicitur: in pube posse fieri equitem, majoris vero aetatis aut vix aut numquam.» Poiché nella sua dedica al re Lotario (*ibid.*, p. 450) Rabano afferma che nel riassumere Vegezio ha eliminato quegli argomenti, «quae tempore moderno in usu non sunt», la sua attenzione (pp. 446-7) per la discussione di Vegezio (*op. cit.*, I, 11-16) sull'uso di un palo come fantoccio nell'addestramento dei guerrieri, si collega probabilmente allo sviluppo della quintana del IX secolo. Sebbene non menzioni staffe, Rabano aggiunge (p. 448) alla descrizione di Vegezio (*op. cit.*, I, 18) dell'uso di cavalli di legno per allenare gli uomini armati a salire, la notazione seguente: «Quod videlicet exercitium saliendi in Francorum populis optime viget.» La dimensione crescente delle lance per la cavalleria è indicata nella medesima sezione: Vegezio parla di *conti*, Rabano di *conti praemagni*. Quanto alla datazione dell'opera: la teoria del Dümmler (p. 451), secondo cui Rabano, all'età di circa ottant'anni, l'avreb-

be composta tra l'855 e l'856, durante gli ultimi quattro mesi della sua vita, non sembra necessaria, dal momento che dopo la morte di Luigi, avvenuta nell'840, Rabano aveva parteggiato per Lotario.

180. F. M. Stenton, *First Century of English Feudalism, 1066-1166*, Oxford 1932, p. 131.

181. Stranamente, poco si sa sul nascere e sul diffondersi della cerimonia di vestizione (*adoubement*); cfr. M. Bloch, *La Société féodale: les classes*, Paris 1949, pp. 49-53, 263, e trad. it., Torino 1953, pp. 477-481 e 704. G. Cohen, *Histoire de la chevalerie en France au moyen âge*, Paris 1949, pp. 183-90. *The Anglo-Saxon Chronicle*, ed. J. Ingram, London 1823, p. 290, dice che nel 1086 il re Guglielmo «vestí cavaliere suo figlio Enrico a Westminster il giorno di Pasqua». Sebbene E. H. Massmann, *Schwertleite und Ritterschlag dargestellt auf Grund der mittelhochdeutschen literarischen Quellen*, Hamburg 1932, p. 209, trovi la vestizione in Germania nel XII secolo, F. Pietzner, *Schwertleite und Ritterschlag*, Bottrop i. W. 1934, p. 129, afferma che non vi sono prove in Germania di questa cerimonia prima del 1312. Che il *miles* cominciasse ad accogliere sempre di piú forme di consacrazione religiosa sin dal V secolo è dimostrato da K. J. Hollyman, *op. cit.*, p. 132, nota 27; e A. Waas, *Geschichte der Kreuzzüge*, Freiburg 1956, I, pp. 37, 49, ravvisa una delle radici delle Crociate in una particolare *Ritterfrömigkeit*, che può anche risalire all'età di Carlomagno. I rituali della vestizione sorsero forse dalle antiche forme di consacrazione del *defensor ecclesiae*. M. Andrieu, *Le Pontifical romain du XIIe siècle*, Città del Vaticano 1938, pp. 75, 302, descrive una liturgia compilata a Mainz intorno al 950, che è ambigua nel riferimento al *defensor* o al *miles*, ma che prevede la benedizione dell'insegna, della lancia, della spada e dello scudo del cavaliere.

L'Andrieu nota che, mentre non vi è menzione alcuna degli speroni in questa liturgia del X secolo, in una copia italiana manoscritta del XIII secolo una mano di poco posteriore ha aggiunto una preghiera *ad calcaria*. Sebbene gli speroni siano stati comunemente usati nell'Europa settentrionale fin dai tempi della civiltà di La Tène (v. sopra, nota 5), non fu che dopo la comparsa della staffa che furono considerati degni d'essere dorati. Uno sperone dorato della fine dell'VIII secolo proviene da Pfahlheim nel Württemberg (L. Lindenschmidt, *Alterthümer*, V, 1911, p. 228, fig. 42, n. 691); ne abbiamo poi un magnifico paio della fine del IX secolo, provenienti da Mikulčice in Moravia (J. Paulík, *Some early Christian remains in Southern Moravia*, «Antiquity», XXXII [1958], p. 165, tav. XIXa), uno del X secolo dalla Norvegia («The Listener», LXI [1959], p. 170), ed uno da Amburgo, del 1000 circa (R. Schindler, in «Germania», XXXI [1953], pp. 224-5, tav. 22, n. 1). Per la successiva ornamentazione degli speroni cfr. E. M. Jope, *The tinning of iron spurs: a continuous practice from the tenth to the seventeenth century*, «Oxoniensia», XXI (1956), pp. 35-42. Massmann, *op. cit.*, pp. 156-60, non trova alcuna testimonianza nelle fonti dialettali germaniche che gli speroni d'oro avessero un valore simbolico prima della fine del XIII secolo. Tuttavia la *Vita Henrici IV imperatoris*, cap. 8, ed. W. Eberhard, Hannover 1899, p. 28, che fu scritta poco dopo il 1106, probabilmente a Magonza o a Spira, ci testimonia che gli speroni d'oro erano abituali tra i cavalieri germani, e F. L. Ganshof, *Qu'est-ce que la chevalerie?*, «Revue générale belge» (1947), p. 79, crede che speroni, spesso dorati, fossero in uso nella vestizione fin dal XII secolo.

182. P. Pieri, *Alcune quistioni sopra la fanteria in Italia nel periodo comunale*, «Rivista storica italiana», L (1933), pp. 567-8; J. F. Verbruggen, *La Tactique militaire des armées de chevaliers*, «Revue du Nord», XXIX (1947), pp. 161-80, ed il suo *De Krijgskunst in West-Europa in de middeleeuwen, IXe tot begin XIVe eeuw*, Bruxelles 1954, particolarmente pp. 52-58, 148-54, distrugge l'im-

magine convenzionale delle battaglie medioevali come disordinate carneficine. Al contrario i cavalieri abitualmente combattevano, sia sul campo che nei tornei, in *conrois* di un numero compreso tra dodici e quaranta, agivano come un gruppo d'assalto e ponevano particolare cura nel mantenere una linea di formazione durante la carica.

183. *Chroniques de J. Froissart*, ed. S. Luce, Paris 1869, I, 1: «Afin que les grans merveilles et li biau fait d'armes, qui sont avenu par les grans guerres de France et d'Engleterre et des royaumes voisins, dont li roy et leurs consaulz sont cause, soient notablement registré et ou temps present et a venir veu et cogneu, je me voel ensonnüer de l'ordonner et mettre en prose.»

184. Nithard, III, 6, *MGH*, *Scriptores*, II, p. 667: «Ludos etiam hoc ordine *saepe* causa exercitii frequentabant.» Cfr. F. Niederer, *Das deutsche Turnier im XII. und XIII. Jahrhundert*, Berlin 1881, p. 7.

185. R. C. Clephan, *Defensive Armour*, London 1900, p. 77. K. G. T. Webster, *The twelfth-century tourney*, in *Anniversary Papers by Colleagues of G. L. Kittredge*, Boston 1913, pp. 227-34, e N. Denholm-Young, *The tournament in the thirteenth century*, in *Studies in Medieval History presented to F. M. Powicke*, Oxford 1948, pp. 240-68, sottolinearono il brutale realismo del torneo come pratica di guerra.

186. Che l'identificazione, e non il semplice ornamento, fosse la ragione funzionale del sorgere dell'araldica è dimostrato dal fatto che il piú antico termine per armi è *cunuissances* o *conoissances*; cfr. R. Chabanne, *Le Régime juridique des armoiries*, Lyons 1954, pp. 3-4. Dal momento che tutti i guerrieri, fino alla nostra età di mimetizzazione, avevano le armi decorate, dovremmo guardarci dallo scoprire l'araldica *sin* agli inizi del X secolo, quando Abbo, *De bellis Parisiacae urbis*, I, 1, pp. 256-7, *MGH*, *Scriptores*, II, p. 783, dice che dalle mura di Parigi assediata «nihil sub se nisi picta scuta videt».

187. *The Bayeux Tapestry*, ed. F. Stenton, London 1957. Tuttavia la Bibbia di Farfa, catalana della prima metà dell'XI secolo, Biblioteca Vaticana, Ms. lat. 5729, cc. 342*r*, 352*r*, mostra dei disegni sugli scudi altamente individualizzati; fotografie nel *Princeton Index of Christian Art*; per la data e la provenienza, cfr. W. Neuss, *Die katalanische Bibelillustrationen*, Leipzig 1922, p. 28. E. Gritzner, *Sphragistik, Heraldik, deutsche Münzgeschichte*, Leipzig 1912, p. 62, è probabilmente nel giusto nel ritenere che le bandiere militari, piuttosto che gli scudi decorati siano stati all'origine dell'araldica medioevale. P. Paulsen, *Feldzeichen der Normannen*, «Archiv für Kulturgeschichte», XXXIX (1957), pp. 3-6, osserva, senza fornire spiegazioni, che, mentre le bandiere militari erano state comuni tra i romani e tra i barbari, non appaiono però attaccate alle lance fino al X secolo. Si dice che un mosaico, ora scomparso, del 796-800 in San Giovanni in Laterano mostrasse il *vexillum Romanae urbis* sotto forma di un pennoncello su di una lancia (cfr. P. E. Schramm, *Herrschaftszeichen und Staatssymbolik*, Stuttgart 1954, pp. 496, 650), ma lo schizzo che ci rimane potrebbe essere poco fedele. A cominciare da Corrado I (911-18) l'imperatore germanico è spesso rappresentato con una lancia con pennoncello, e la tradizione comincia nel 915 in Italia con Berengario (*ibid.*, 499). La famosa lancia santa del tesoro imperiale, che risulta essere una lancia gigliata carolingia (*ibid.*, fig. 72; vedi sopra, note 159-160), è menzionata per la prima volta nel 939, come proprietà di Ottone I (*ibid.*, p. 501). Dotata di un pennoncello, divenne subito vessillo imperiale. In realtà le insegne con lancia e pennoncello dei principi del X secolo hanno origine, non solo dalla tecnologia militare del tempo, ma forse anche dall'antico uso etrusco e romano di una lancia (senza pennoncello) come simbolo dell'autorità; cfr. J. Deér, *Byzanz und die Herrschaftszeichen des Abendlandes*, «Byzantinische Zeitschrift», I (1957), pp. 427-30; A. Alföldi, *Hasta-summa imperii: the spear as embodiment*

of sovereignty in Rome, «American Journal of Archaeology», LXIII (1959), pp. 1-27.

Abbiamo visto (vedi sopra, nota 38) che per evitare una penetrazione troppo profonda della lancia alcune popolazioni nomadi dell'Asia attaccavano code di cavallo sotto la lama. Le code sulla lancia di un capo divennero probabilmente un'insegna militare, e nell'866, rispondendo alle domande di un re bulgaro, il papa Nicola I dice: «Quando proelium inire soliti eratis, indicatis vos hactenus in signo militari caudam equi portasse»; *MGH*, *Epp.*, VI, p. 580. Tuttavia già a quel tempo lance a due mani con pennoncelli di stoffa si usavano in Asia (vedi sopra, nota 37, e M. Mavrodinov, *Le trésor protobulgare de Nagyszentmiklós*, «Archaeologia hungarica», XXIX [1943], p. 115, fig. 74) e nei Balcani (*ibid.*, p. 126, fig. 79 e tav. IV; anche G. László, *Notes sur le trésor Nagyszentmiklós*, «Folia archaeologica», IX [1957], pp. 151-2). Il Salterio di Khludov (cfr. sopra, nota 148), della fine del IX o del principio del X secolo, mostra, c. 97*v*, un comandante con un pennoncello sulla lancia e, c. 26*v*, due soldati con semplici strisce di stoffa legate sotto la punta della lancia. Nel X secolo i bulgari del Volga usavano pennoncelli sulle loro lance; cfr. J. Harmatta, *Ibn Faḍlān über die Bestattung bei den Wolga-Bulgaren*, «Archaeologiai értesítö» nuova serie, VII-IX (1946-8), pp. 362-81. Poiché la sbarretta metallica trasversale della lancia gigliata carolingia si poteva talora incastrare pericolosamente nella corazza della vittima sí da ostacolare il recupero della lancia, il pennoncello dei nomadi la sostituí generalmente nell'Occidente verso la fine del X secolo; ad es. Madrid, Bibl. Nacional, Ms. B. 31, san Gerolamo, *In Danielem*, c. 269*r*, databile al 975 (fotografia nel *Princeton Index of Christian Art*), mostra un pennoncello triangolare su di una lancia, mentre una miniatura del 1000 circa raffigura sía la sbarretta trasversale che il pennoncello in una lancia da insegna consegnata da un santo ad un guerriero a cavallo; «Proceedings of the Society of Antiquaries», XXIV (1911-12), p. 168, fig. 17. Mille anni dopo, sebbene ne siano state dimenticate le origini nella tecnica militare, la bandiera nazionale è ancora di solito attaccata ad una lancia.

188. P. Gras, *Aux origines de l'héraldique: La décoration des boucliers au début du XIIe siècle, d'après la Bible de Citeaux*, «Bibliothèque de l'École de Chartes», CIX (1951), pp. 198-208; A. R. Wagner, *Heralds and Heraldry in the Middle Ages*, Oxford 1956, pp. 13-17; C. U. Ulmenstein, *Über Ursprung und Entstehung des Wappenwesens*, Weimar 1935, pp. 15, 56-60.

189. P. S. Leicht, *Gasindi e vassalli*, «Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di scienze morali, etc.», ser. 6, III (1927), pp. 291-307, e *Il feudo in Italia nell'età carolingia*, «Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'alto Medioevo», I (1954), pp. 71-107.

190. F. Dölger, *Regesten der Kaiserurkunden des oströmischen Reichs*, München 1924, I, p. 93, n. 721; e J. e P. Zepos, *Jus graecoromanorum*, Athinai 1931, I, pp. 255-6. P. Lemerle, *Esquisse pour une histoire agraire de Byzance: les sources et les problèmes*, «Revue historique», CCXX (1958), p. 53, deplora giustamente la mancanza di studi particolari sull'armamento bizantino, che ci permetterebbero di giudicare esattamente le basi della drastica azione di Niceforo Foca.

191. In *Cambridge Economic History of Europe*, I, Cambridge 1941, p. 208; cfr. E. H. Kantorowicz, *«Feudalism» in the Byzantine Empire*, in *Feudalism in History*, ed. R. Coulborn, Princeton 1956, pp. 161-2. Lemerle, *loc. cit.*, nota 4, confuta l'Ostrogorskij su questo punto; ma, quali che fossero le intenzioni di Niceforo Foca, l'effetto del suo decreto non sarebbe stato poi di elevare il soldato beneficiato ad una classe sociale superiore?

192. C. Diehl e G. Marcais, *Le Monde oriental de 395 à 1081*, Paris 1936, p. 464.

193. Cfr. sopra, nota 162.

194. A. Goldschmidt e K. Weitzmann, *Die byzantinische Elfenbeinskulpturen des X.-XIII. Jahrhunderts*, Berlin 1930, I, nn. 12, 20; anche n. 98*e*, del XII secolo, nel quale la parte autentica di un falso moderno mostra due cavalieri bizantini che si caricano con le lance in resta. D. Koco, *L'Ornamentation d'un vase à mesurer du Musée Cluny et les «Stecci» bosniaques*, «Artibus Asiae», XV (1952), p. 198, fig. 2, mostra una pietra tombale bosniaca del basso Medioevo con due cavalieri che portano elmetti di foggia orientale, ma forniti di scudo occidentale, che giostrano con lancia in resta.

195. Per un avorio della Germania occidentale, del 1000 circa, cfr. H. Schnitzler, *Der Dom zu Aachen*, Düsseldorf 1950, tav. 59; per la Bibbia catalana di Farfa, cc. 94*v*, 161*r*, 342*r*, 352*r*, 366*v*, vedi nota 187; per il *Codex aureus Epternachensis*, c. 78, databile al 1035-40, cfr. A. Grabar e C. Nordenfalk, *Early Medieval Painting*, New York 1957, p. 212.

196. *Octateuch* della Biblioteca del Serraglio, Ms. 8, cc. 134*r*, 13*v*, 139*r*, 368*r*; fotografie nel *Princeton Index*. Per la data cfr. K. Weitzmann, *The Joshua Roll*, Princeton 1948, p. 6.

197. La balestra era largamente usata in Cina almeno dai primi tempi della dinastia Han; cfr. H. T. Horwitz, *Die Armbrust in Ostasien*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», VII (1916) pp. 155-83; *Zur Entwicklungsgeschichte der Armbrust*, *ibid.*, VIII (1920), pp. 311-17, IX (1921), pp. 73, 114, 139, e *Über die Konstruktion von Fallen und Selbstschussen*, «Beiträge zur Geschichte der Technik», XIV (1924), pp. 96-100; C. M. Wilbur, *History of the cross-bow*, «Annual Report of the Smithsonian Institution» (1936), p. 435. La balestra cinese era fornita di un grilletto particolare, molto efficiente, la cui esportazione era proibita, e le cui parti mobili potevano essere riprodotte soltanto da artigiani molto abili; cfr. H. H. Dubs, *A military contact between Chinese and Romans in 36 B. C.*, «T'oung pao», XXXVI (1940), pp. 69-71. Nondimeno parte di un grilletto di una balestra Han è stata trovata a Taxila, ed è forse del I secolo d. C.; cfr. S. van R. Cammann, *Archaeological evidence for Chinese contacts with India during the Han dinasty*, «Sinologica», V (1956), pp. 10-19. Nel 36 a. C. gli eserciti cinesi usarono balestre nella Sogdiana, quando catturarono, a quanto sembra, piú di cento soldati romani, che erano stati anche catturati dai parti nel 54 a. C.; e costoro i cinesi stabilirono nella provincia di Kansu, in una nuova città, che chiamarono con il nome cinese di *Roma*; cfr. H. H. Dubs, *A Roman city in ancient China*, «Greece and Rome», IV (1957), pp. 139-48. Attraverso questi canali l'idea della balestra, anche se non il sistema cinese di scatto, senza dubbio raggiunse l'Occidente. Tuttavia la balestra non era largamente in uso tra i romani: stranamente, le due rappresentazioni che ce ne rimangono, ambedue del I-II secolo d. C., si trovano entrambe a Le Puy, ma sembrano essere autentiche; cfr. R. Gounot, *Collections lapidaires du Musée Crozatier du Puy-en-Velay*, Le Puy 1957, pp. 22, 75, 90, tavv. XVIII, XXXII. Non può essere rintracciata in età piú antica: la *cheiroballista* di Erone è un mito; cfr. R. Schneider, *Herons Cheiroballista*, «Mitteilungen des Deutschen Archaölogischen Instituts, Rom», XXI (1906), pp. 142-68. J. Hoops, *Die Armbrust im Frühmittelalter*, «Wörter und Sachen», III (1912), pp. 65-68, sostiene, attraverso l'interpretazione di un indovinello anglosassone alquanto ambiguo, che la balestra si continuasse ad usare durante l'alto Medioevo. Certamente l'ampia diffusione della balestra si originò dall'Europa, e non dalla Cina: il sistema di scatto molto semplice delle balestre del golfo di Benin, è derivato probabilmente da un tipo usato ancora recentemente in Norvegia, ed introdotto presumibilmente in Africa verso la fine del XV o durante il XVI secolo, non dai portoghesi, ma dai cinesi, dagli olandesi o dagli inglesi; cfr. H. Balfour, *The origin of West African crossbows*, «Annual Report of the Smithsonian Institution» (1910), pp.

635-50; mentre i sistemi di scatto delle balestre di Malabar, Cochin e Travancore sono di tipo europeo, e in tamil e malayālam tali armi sono chiamate «franche» (*parangi*, da *feringhi*); cfr. J. Hornell, *South Indian blowguns, boomerangs, and crossbows*, «Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland», LIV (1924), pp. 316-46; cfr. sotto, nota 208.

198. *Alexiad*, trad. E. A. S. Dawes, London 1928, p. 255.

199. K. A. C. Cresswell, *Fortification in Islam before A. D. 1250*, «Proceedings of the British Academy», XXXVIII (1952), p. 114.

200. C. Cahen, *Un traité d'armurerie composé pour Saladin*, «Bulletin d'études orientales de l'Institut français de Damas», XII (1948), pp. 137, 155, nota 2, p. 160.

201. *Ibid.*, pp. 127-9, 150-1.

202. Cfr. sopra, nota 9.

203. *Ibid.*, pp. 134-6, 154-5.

204. *Ibid.*, pp. 137, 155, nota 2; L. A. Mayer, *Saracenic Heraldry, a Survey*, Oxford 1933, non offre prove di influenze tra l'Est e l'Ovest.

205. H. Ritter, *La Parure des cavaliers* [di ibn Hudail] *und die Literatur über die ritterlichen Künste*, «Der Islam», XVIII (1929), pp. 122, 127. W. B. Ghali, *La Tradition chevaleresque des Arabes*, Paris 1919, pp. 28, 32-3, conclude che l'idea di un ordine cavalleresco fu anch'essa ripresa dall'Occidente nel XII secolo.

206. Ritter, *op. cit.*, p. 147.

207. Cfr. sopra, nota 61.

208. Citato da E. Lévi-Provençal, *L'Espagne musulmane au Xème siècle*, Paris 1932, p. 146.

209. *Ibid.*, p. 145. J. Oliver Asín, *Origen árabe de «rebato», «arrobda» y sus homónimos: Contribución al estudio de la historia medieval de la táctica militar*, «Boletín de la Real Academia Española», XV (1928), p. 388, cita una diversa lezione. Il periodo esatto dell'influenza franca sulla Spagna musulmana è ancora da determinare. Ibn Haukal, viaggiatore del X secolo, critica l'aspetto di gran parte dei cavalieri andalusi sia perché non usavano staffe o perché lasciavano penzolare le gambe, libere dalle staffe; cfr. R. Dozy, *Spanish Islam*, London 1913, p. 493. Sul conflitto in Spagna tra sistemi franchi e nord-africani di combattimento a cavallo, vedi L. Mercier, *Les Écoles espagnoles dites de la Bride et de la Gineta* (*ou Jineta*), «Revue de cavalerie», XXXVII (1927), pp. 301-15: la lancia richiedeva una staffa lunga; l'arco e il giavellotto una staffa corta.

210. Per il termine anglosassone, vedi sopra nota 99. Una staffa del tempo dei vichinghi è stata trovata nel Tamigi; cfr. *London Museum Catalogues, N. 1: London and the Vikings*, London 1927, p. 39, fig. 17. Sull'impiego della cavalleria da parte dei popoli scandinavi invasori vedi J. H. Clephan, *The horsing of the Danes*, «English Historical Review», XXV (1910), pp. 287-93, piuttosto che F. Pratt, *The cavalry of the Vikings*, «Cavalry Journal», XLII (1933), pp. 19-21.

211. Stenton, *op. cit.*, pp. 125, 130-1.

212. *Heimskringla*, IV, 44, trad. S. Laing, London 1930, p. 230. R. Glover, *English warfare in 1066*, «English Historical Review», LXVII (1952) pp. 5-9, sostiene l'opportunità di usare quest'ultima fonte se si voglia intendere la battaglia di Stamford Bridge.

213. W. G. Collingwood, *Northumbrian Crosses of the Pre-Norman Age*, London 1927, p. 172, fig. 211, mostra un rilievo anglosassone del 1000 circa, proveniente da Gosforth nel Cumberland, che rappresenta un esercito armato di pesanti spade e di scudi rotondi sovrapposti per formare una parete continua.

214. Cfr. W. Spatz, *Die Schlacht von Hastings*, Berlin 1896; A. H. Burne,

The Battlefields of England, London 1950, pp. 19-45. Nella sua brillante ricostruzione, non solo della battaglia di Hastings, ma dell'intera campagna della quale essa fu il punto culminante, R. Glover, *op. cit.*, pp. 1-18, dimostra che gli anglosassoni potevano effettivamente combattere come cavalleria, e spiega alcune delle circostanze particolari che determinarono il loro ritorno alla fanteria a Senlac. Tuttavia (p. 14, nota 3) egli sottovaluta il conservatorismo iconografico dell'Arazzo di Bayeux nel rappresentare i metodi normanni di combattimento (cfr. sopra, nota 162), e le sue scoperte, come è stato osservato da G. W. S. Barrow, *Feudal Britain*, London 1956, p. 34, non mutano il fatto essenziale «che Hastings rappresentò una disfatta decisiva della fanteria da parte della cavalleria con arcieri».

215. K. Pfannkuche, *Der Schild bei den Angelsachsen*, Halle a. S. 1908, pp. 52-53.

216. C. Stephenson, *Feudalism and its antecedents in England*, «American Historical Review», XLVIII (1943), pp. 260-5; H. Mitteis, *Der Staat des hohen Mittelalters: Grundlinien einer vergleichenden Verfassungsgeschichte des Lehenzeitalters*, 4ª ed., Weimar 1953, pp. 211-15. F. Barlow, *Feudal Kingdom of England, 1042-1216*, New York 1955, p. 11, ritiene che tendenze feudali fossero presenti nell'età anglosassone, ma T. J. Oleson, *The Witenagemot in the Reign of Edward the Confessor*, Toronto 1955, p. 96, è piú vicino alla verità quando dichiara che «la monarchia e la società anglosassoni avevano una piú stretta somiglianza con l'antica monarchia e società merovingica, che con la Francia o la Scandinavia dell'XI secolo». Barrow, *op. cit.*, pp. 37-38, 42, afferma giustamente che Guglielmo non intendeva sovvertire le istituzioni anglosassoni quando vinse gli inlgesi: egli lo fece soltanto quando si avvide che tale struttura sociale e giuridica non poteva sostenere quel regime militare che egli considerava essenziale al suo potere. C. W. Hollister, *The Significance of scutage rates in eleventh-and twelfth-century England*, «English Historical Review», LXXV (1960), pp. 577-89, sottolinea giustamente il mantenimento, da parte di Guglielmo, della leva anglosassone e dell'usanza dei due mesi di servizio militare, a differenza dei quaranta giorni che erano divenuti consueti nel continente.

217. *Op. cit.*, p. 240.

Cultura_in_Ita

Parte seconda
La rivoluzione agraria dell'alto Medioevo

Cultura_in_Ita

Dal periodo neolitico fino a circa due secoli fa l'agricoltura era il fondamento di ogni attività umana. Prima della fine del XVIII secolo non vi era probabilmente alcuna comunità sedentaria nella quale almeno i nove decimi della popolazione non fossero direttamente impegnati nella coltivazione. Governanti e uomini di chiesa, artigiani e mercanti, studiosi ed artisti costituivano un'esigua minoranza dell'umanità che viveva sulle spalle dei contadini. In queste circostanze ogni durevole mutamento del clima, della fertilità del suolo, della tecnologia o degli altri fattori che condizionano l'agricoltura avrebbe necessariamente modificato l'intera società: la popolazione, la ricchezza, i rapporti politici, il grado di benessere, e le espressioni culturali.

Ciò non è stato tuttavia sempre chiaro agli studiosi: l'origine tutta cittadina della parola «civiltà» si manifesta, meglio che in qualunque altro fenomeno, appunto nel disinteresse che gli storici hanno mostrato per l'uomo di campagna, per il suo lavoro e per la sua vita. Il contadino è sempre stato un uomo attivo e pieno di iniziativa, del tutto diverso dalla tragica caricatura di brutalità e di virtú derisa presentata nell'*Uomo con la zappa* di Millet e di Markham,[1] ma di rado sapeva leggere e scrivere. Non solo la storia, quindi, ma anche i documenti sono stati scritti in genere da gruppi sociali che consideravano il contadino ed il suo lavoro come qualcosa di ovvio. Mentre,

quindi, le nostre biblioteche gemono sotto il peso dei dati relativi al possesso della terra, vi è un'impressionante scarsità di informazioni sugli svariati, e spesso mutevoli, metodi di coltivazione, che davano un senso possedere la terra.[2]

Abbiamo certamente sentito dire che, alla fine del XVII e nel XVIII secolo, «Turnip» Townshend ed alcuni altri coraggiosi agronomi, in Inghilterra e nell'Europa continentale, introdussero le colture di tuberi e di foraggio, riformarono l'agricoltura, e fornirono cosí quella eccedenza alimentare che permise di ridurre il lavoro nei campi, e di fornire la mano d'opera per le fabbriche della cosiddetta rivoluzione industriale. È tuttavia praticamente ignorato il fatto che fra il VI ed il IX secolo l'Europa settentrionale assistette ad una prima rivoluzione agraria che ebbe conseguenze altrettanto decisive nella storia.

È nella natura delle cose che noi ignoriamo e forse non potremo mai conoscere con certezza molte cose su questi argomenti. Ad esempio, la consuetudine degli studiosi della preistoria di parlare, per una regione, di età del ferro non appena scoprono il primo frammento di ferro, può distorcere la nostra visione della realtà. Il ferro è stato per molto tempo un metallo raro e costoso, usato quasi esclusivamente per la costruzione di armi o di lame. Per quanto a Pompei si sia trovato molto ferro, l'impressione complessiva che danno i reperti è che alla fine del I secolo anche una città romana cosí prospera vivesse ancora piuttosto nell'età del bronzo che in quella del ferro. L'Europa settentrionale, il Norico in particolar modo, era di gran lunga piú ricca di risorse di ferro del Mediterraneo. Dai ritrovamenti sembrerebbe che nel periodo romano si usasse il ferro, per parti di aratri, vanghe, falci, e simili, in maggior quantità a nord che a sud delle Alpi, per quanto si debba pensare che per il clima nordico piú umido le distruzioni dovute alla corrosione siano state piú numerose nel Nord.

Uno degli aspetti del rapido sviluppo dell'Europa settentrionale nel periodo carolingio fu l'apertura di nuove grandi miniere di ferro,[3] che, presumibilmente, resero il metallo piú a buon mercato, e ne favorirono quindi un piú largo uso sia per impieghi civili che militari. Il monaco di S. Gallo, che scriveva nella fine del IX secolo, ci racconta

che quando nel 773 Carlomagno e il suo esercito assaltarono Pavia, capitale del regno longobardo, il re Desiderio salito sulle mura per vedere il nemico fu sopraffatto dallo spettacolo delle corazze e delle armi franche, ammassate e scintillanti: «Oh, il ferro! Ahimè il ferro» gridò, ed il capitano che stava con lui cadde svenuto.[4] Il monaco di S. Gallo è noto per essere un romanziere piuttosto che uno storico; tuttavia l'episodio può simbolizzare, anche se non ne costituisce una testimonianza, l'effettivo passaggio dell'Europa, sotto Carlomagno, all'età del ferro.

Sebbene una prova statistica non sia possibile, gli storici dell'agricoltura sono concordi nell'affermare che il contadino medioevale usava una quantità di ferro che sarebbe apparsa inconcepibile a qualunque altra popolazione rurale precedente, e che il fabbro era divenuto indispensabile in ogni villaggio.[5] Che cosa ciò significasse per l'aumento della produzione non lo si può dimostrare, ma lo si può immaginare.

In genere la storia degli attrezzi e degli utensili è ancora rudimentale. Si ritiene, ad esempio, che un nuovo tipo di ascia, messa a punto nel x secolo, abbia influito molto sull'ampliamento della superficie arabile che inizia in quel periodo.[6] Ma pochi archeologi o storici possono guardare un'ascia con l'occhio di un tagliaboschi, valutando l'equilibrio della lama, e la lunghezza e l'angolo del manico in termini di lavoro: sicché la cosa rimane ancora incerta. Alcuni attrezzi, tuttavia, ed in particolar modo l'aratro, sono stati studiati minutamente.

I. L'aratro ed il sistema delle comunità di villaggio

Nel 1895 A. Meitzen si accorse che la forma dell'aratro prevalentemente usato in Germania, avrebbe potuto spiegare molte particolarità della disposizione dei campi e dell'agricoltura collettiva che si riscontrano spesso nei villaggi medioevali.[7] Le ricerche condotte per una intera generazione, non solo in Germania, ma anche in Francia, Inghilterra, Scandinavia e Stati Uniti, hanno portato, nel 1931, ad una sintesi, dovuta a Marc Bloch, che è stata la piú convincente, perché le sue tesi sono state garbatamente accompagnate dai dubbi, espressi non solo all'epoca di composizione del libro, ma per tutto il decennio successivo, in una serie brillante di saggi e di recensioni.[8]

L'aratro è stata la prima applicazione di forza non umana all'agricoltura. L'aratro piú antico era costituito da un grosso bastone da scavo tirato da una coppia di buoi. Questo tipo primitivo di aratro è tuttora usato ampiamente nell'area mediterranea, e nelle terre aride dell'Est, dove è abbastanza efficiente in relazione al suolo e al clima. Il suo corpo lavorante conico o triangolare non rovescia le zolle, e lascia una striscia di terra non smossa fra i solchi; è perciò necessaria l'aratura incrociata, col risultato che nelle regioni dove si usa questo aratro semplice i campi tendono ad assumere una forma pressoché quadrata: sono approssimativamente larghi quanto lunghi. L'aratura incrociata polverizza il suolo, e ciò evita, nei climi asciutti, un'evapo-

razione eccessiva dell'umidità, e mantiene fertili i campi perché porta per capillarità in superficie i minerali del suolo.

Questo tipo di aratro e di coltivazione non erano tuttavia molto adatti a gran parte dell'Europa settentrionale, con estati umide e terreni generalmente piú pesanti. Quando l'agricoltura si diffuse a latitudini piú elevate, venne inevitabilmente confinata in gran parte ad altipiani ben drenati e con terreni leggeri, sebbene questi fossero necessariamente meno produttivi delle terre basse ed alluvionali: l'aratro semplice infatti non poteva domare questi terreni piú ricchi. L'Europa settentrionale doveva quindi perfezionare una nuova tecnica agricola, e, soprattutto, un nuovo aratro.

Una delle difficoltà era che i terreni pesanti ed umidi oppongono all'aratro una resistenza tanto maggiore di quelli leggeri ed asciutti, che spesso due buoi non sono in grado di fornire una forza di trazione sufficiente. La prima testimonianza sicura sull'uso di un nuovo tipo di aratro risale alla metà del I secolo d. C., quando Plinio contrappone gli aratri leggeri trovati in Siria al fatto che «multifaram in Italia octoni boves ad singulos vomeres anhelent».[9] Possiamo con sicurezza ritenere che si riferisse non a tutta l'Italia, ma alla valle del Po, l'unica parte dell'Italia dove, per ragioni di suolo e di clima, l'aratro pesante fu largamente usato successivamente. E probabilmente Plinio parla dello stesso tipo di aratro quando, nel paragrafo seguente, dice che: «Non pridem inventum in Raetia Galliae [ovverosia sulle colline ai piedi delle Alpi italiane] duas adderent tali rotulas, quod genus vocant plaumorati.»[10] Parrebbe di trovarsi di fronte all'aratro pesante «medioevale» con otto buoi e con le ruote, e, se accettiamo la correzione [11] dell'inintellegibile *plaumorati* in *ploum Raeti*, abbiamo la prima comparsa del termine non classico *plough* (aratro) (distinto da *aratrum*, aratro semplice), ed abbiamo anche un indizio che l'aratro pesante di Plinio della valle del Po è il riflesso delle grandi innovazioni che avevano luogo fra i barbari a nord delle Alpi.

Le ruote aggiunte al tipico aratro pesante lo rendono piú mobile nello spostarsi da un campo all'altro, ed agevolano l'aratore nel regolare la profondità del solco, cosa molto piú difficile con un aratro tirato

da piú coppie di buoi, che da una sola coppia. Ma, per capire perché alla fine l'aratro pesante influenzasse la vita di tutta l'Europa settentrionale, si deve comprendere come esso attacca il suolo. A differenza dell'aratro semplice, la cui punta rompe la terra buttandola da ambedue i lati, l'aratro pesante ha tre parti lavoranti: la prima è il coltro, ossia una lama pesante, posta sul bure o timone dell'aratro, che taglia verticalmente la terra; la seconda il vomere, posto ad angolo retto con il coltro, che taglia la terra orizzontalmente, all'altezza delle radici dell'erba; la terza, infine, è il versoio, che rovescia la zolla a destra o a sinistra, a seconda di come è attaccato. È chiaro che questa è un'arma contro il suolo ben piú formidabile dell'aratro semplice.

Per le esigenze dell'agricoltura dell'Europa settentrionale questo tipo di aratro aveva tre vantaggi.

In primo luogo l'aratro pesante smuoveva a tal punto le zolle da render superflua l'aratura incrociata. Ciò risparmiava lavoro al contadino, ed aumentava cosí la superficie che egli poteva coltivare. L'aratro pesante era una macchina agricola che sostituiva la forza animale all'energia ed al tempo dell'uomo.

In secondo luogo il nuovo aratro, eliminando l'aratura incrociata, tendeva a mutare, nell'Europa settentrionale, la forma dei campi da quadra a lunga e stretta, con una sezione trasversale leggermente arrotondata, che aveva benefici effetti di drenaggio in quel clima umido. Queste strisce erano normalmente arate in senso orario, con le zolle rovesciate a destra e all'interno; perciò, con il passar degli anni, ogni striscia divenne un piccolo dosso allungato, che assicurava il raccolto, sulla cresta, anche negli anni piú umidi, e, nella depressione interna, nel solco, nelle stagioni piú secche.

Il terzo vantaggio dell'aratro pesante deriva dai primi due: senza tale aratro era difficile sfruttare le compatte, ricche terre alluvionali che, se ben lavorate, avrebbero dato al contadino raccolti di gran lunga migliori di quelli ottenuti dai terreni leggeri degli altipiani. Si credeva ad esempio, che gli anglosassoni avessero introdotto il pesante aratro germanico nella Britannia celtica nel V secolo; grazie ad esso si cominciarono a distruggere le foreste sui terreni pesanti, e i campi qua-

drati, cosí detti «celtici», che per lungo tempo erano stati coltivati con l'aratro semplice, sugli altipiani, furono abbandonati, ed in genere rimangono tuttora deserti.

Il risparmio di lavoro contadino poi, unito al miglioramento del drenaggio dei campi ed alla coltivazione di terreni piú fertili, tutte cose rese possibili dall'aratro pesante, contribuirono insieme ad espandere la produzione, e resero possibile quell'accumulazione di un'eccedenza di cibo che è il presupposto dell'aumento della popolazione, della specializzazione delle funzioni, dell'urbanesimo e dell'aumento del benessere.

Ma, secondo il Bloch, l'aratro pesante fece ben piú che stimolare l'Europa settentrionale aumentando il livello della produttività: esso ebbe una funzione decisiva nella ristrutturazione della società rurale del Nord. Il villaggio come comunità agricola cooperativa fu, infatti, tipico non delle terre dell'area mediterranea, ma solo dell'area dove fu impiegato l'aratro pesante, e sembra vi fosse un nesso causale fra l'aratro e le comunità di villaggio.

Come abbiamo visto, questo aratro, con il coltro, il vomere ed il versoio, opponeva al suolo resistenza molto maggiore di quella dell'aratro semplice, ed aveva quindi bisogno, almeno nella forma primitiva, non di uno, ma di quattro gioghi, vale a dire, come scriveva Plinio, di otto buoi. Pochi contadini possedevano otto buoi, e se volevano usare il nuovo e ben piú conveniente aratro, dovevano riunire le loro coppie. Ma tale riunione comportava una rivoluzione nella struttura del gruppo contadino. La vecchia forma quadrata del campo era inappropriata al nuovo aratro: perché potesse essere usato efficacemente, tutte le terre del villaggio dovettero essere riorganizzate in vasti «campi aperti», non recintati, ed arati in lunghe strisce. Inoltre la sola maniera pratica per distribuire queste strisce era di assegnarle in successione ai vari contadini che partecipavano del possesso dell'aratro e dei buoi che formavano l'unità cooperativa. Un contadino poteva cosí «possedere» e raccogliere il prodotto di cinquanta o sessanta piccole strisce sparse su tutta la superficie arabile del villaggio.

Ovviamente lotti cosí esigui non potevano essere condotti indivi-

dualmente di modo che ciascuno seminasse quanto e quando volesse. Nacque cosí un potente consiglio di villaggio per appianare le dispute e per decidere in dettaglio come dovesse essere amministrato l'insieme delle terre della comunità. Queste disposizioni furono l'essenza dell'economia fondata sulle comunità di villaggio dell'Europa settentrionale, e sono comprensibili solo in funzione dell'aratro pesante. A sud della Loira e delle Alpi, dove un clima piú secco incoraggiava il vecchio metodo di aratura superficiale, la struttura sociale fu molto differente, e molto piú individualistica. Nel 1931 Bloch scorgeva ancora nel paesaggio della nativa Francia una divisione in due regioni determinata da queste due tradizioni agricole.[12]

Nessuno era piú consapevole del Bloch delle lacune e della confusione dei documenti che stavano alla base della sua grande ipotesi, né piú conscio delle difficoltà di datare esattamente le fasi dello sviluppo da lui descritto. Ed in realtà, da quando il suo libro è stato pubblicato, sono stati avanzati dubbi su quasi ogni parte della sua interpretazione; tuttavia non è stata proposta alcuna sintesi alternativa.

L'aratro si rivela uno strumento infinitamente vario, che rifiuta di essere distinto nettamente nelle due specie di aratro semplice («simmetrico») e pesante («asimmetrico»), se non altro perché l'esperienza moderna mostra che inclinando l'aratro semplice l'aratore può rovesciare la zolla,[13] e la maggiore usura di un lato di alcuni esempi archeologici di vomeri simmetrici prova che, in effetti, ciò veniva fatto, in tempi molto antichi se non altro occasionalmente.[14] L'aratro a ruote con otto buoi di Plinio diviene cosí piú chiaro: sulla base di dati archeologici sappiamo ora che i romani avevano un aratro semplice a ruote,[15] destinato presumibilmente a penetrare piú in profondità, e che abbisognava quindi di una forza maggiore. Se la sua azione era sufficientemente energica, con una adeguata erpicatura l'aratura incrociata forse non sarebbe stata necessaria. Dal momento che lo strumento romano, a differenza dell'aratro a ruote medioevale, aveva un timone curvo piuttosto che diritto, lo possiamo identificare con il *currus* menzionato da Virgilio, nativo della valle del Po, nel I secolo a. C.[16] Per quanto riguarda poi gli otto buoi, sembra che proprio in questo

periodo l'abilità nell'attaccare gli animali due a due andasse simultaneamente aumentando in tutta l'Eurasia: un rilievo gallo-romano ora al museo di Langres mostra due coppie di cavalli attaccati una di seguito all'altra;[17] un mattone proveniente da Szech'uan, datato a non piú tardi del II secolo, mostra un carro a quattro ruote, grande rarità per la Cina degli Han, tirato da due cavalli in tandem;[18] ed un antico documento indiano, difficile a datarsi, dice che «questo orzo essi lo arano vigorosamente con tiri da sei o da otto».[19]

Dopo la pubblicazione del libro del Bloch vi furono alcuni anni di euforia fra gli studiosi, e si credette che i rapporti fra le parti di un aratro fossero cosí fissi che da un frammento si potesse ricostruire l'intero aratro, cosí come un paleontologo ricostruisce un mastodonte da un unico osso. Un aratro a telaio quadrangolare, trovato in una palude danese presso Tømmerby, fu ricostruito con ruote,[20] per quanto non ve ne fosse traccia; e, ancora, la scoperta di coltri belgi e romani in Inghilterra accreditò immediatamente l'ipotesi che l'invasione dei belgi del 75 a. C. circa avesse introdotto l'aratro pesante a ruote, il sistema di aratura a strisce, e forse anche i campi aperti.[21] Ma, mentre gli aratri a ruote sono certamente associati ai climi umidi, come conferma la loro diffusione nella penisola iberica ristretta alle coste portoghesi, galiziane e basche,[22] alcuni dei piú efficaci aratri pesanti, in particolare per i terreni molto umidi, non hanno ruote.[23] Inoltre il coltro è stato applicato anche agli aratri semplici, e non implica in alcun modo un aratro pesante.[24] E i romani montavano forse il coltro su di un telaio separato, che procedeva davanti all'aratro semplice.[25]

E, mentre il Bloch aveva elaborato le due equazioni base: aratro semplice = campi quadrati, e coltro + vomere + versoio + ruote = strisce = campi aperti = agricoltura collettiva, risultò ben presto che non vi è nessuna correlazione precisa fra la forma dei campi ed il tipo di aratro. Per quanto dai tempi piú antichi, l'aratro semplice arasse trasversalmente, a volte su terreni notevolmente compatti,[26] arava anche campi allungati, ed anzi in uno degli esempi rimastici la lunghezza è ventidue volte la larghezza.[27] Per quanto generalmente queste strisce siano adiacenti a campi quadrati, in Finlandia l'aratro sem-

plice ha portato ad elaborati sistemi a strisce,[28] come si fa attualmente in Siria [29] ed in Sardegna,[30] e in quest'ultimo caso con una perfetta organizzazione di campi aperti e di controllo collettivo. Nel Messico precoloniale gli indiani Nahua, che non avevano aratro, crearono un sistema di campi aperti ed allungati coltivati privatamente;[31] ed in Olanda certi campi lunghi e stretti della prima età del ferro venivano coltivati con la zappa non con l'aratro.[32] Per questo motivo le scarse notizie [33] che abbiamo di coltivazioni a strisce nell'Inghilterra romana non possono servire a provare la presenza di un tipo particolare di aratro.

Dovunque le norme ereditarie permettono la divisione della terra fra gli eredi vi è una tendenza verso i campi allungati. Ed ora si è avanzata l'ipotesi, in completa opposizione con la tesi di Meitzen, che il principio dell'ereditarietà possa aver fatto nascere un aratro adatto alla coltivazione a strisce.[34] Ne deriverebbe che non vi è dunque nessuna connessione diretta fra la coltivazione a strisce, i campi aperti e l'agricoltura collettiva. Le strisce, infatti, hanno avuto una diffusione molto maggiore dei campi aperti, e dominano in zone che non hanno mai avuto forme di coltivazione collettiva.[35]

Cosí non si devono confondere le strisce con la sistemazione a colmi e solchi: in molte regioni con terreni leggeri le strisce sono state infatti lavorate con l'aratura piana.[36] Lo scopo essenziale dei colmi e solchi era il drenaggio,[37] e secondariamente, forse per alcuni tipi di terreno, quello di portare in superficie i minerali del suolo.[38] Sembra che generalmente l'influenza del terreno e dell'acqua sia stata decisiva. Nella regione di Osnabrück, ad esempio, i campi piú antichi occupano aree relativamente alte e asciutte, e i colmi tendono a correre nel senso del pendio per facilitare il drenaggio dell'acqua.[39] Nella Bassa Normandia vi è una correlazione generale, sebbene non costante, fra le strisce, la coltivazione a campi aperti ed i terreni piú in piano e pesanti.[40] Lo stesso tipo di aratro può dunque essere stato usato diversamente nei diversi contesti.

Sembra, dunque, che nella forma dell'aratro e nella disposizione dei campi vi siano molti elementi, nessuno dei quali è però collegato ad

un altro in un rapporto costante e necessario; ma, anche se tutto può variare in relazione al clima del luogo, ai terreni, alla topografia, alle norme ereditarie, alla tradizione, al gusto ed ai capricci personali, in pratica si possono tuttavia trovare molte relazioni costanti. Studiosi come il Meitzen ed il Bloch avevano un profondo senso della realtà, ed osservavano i fenomeni nel loro insieme: nell'Europa continentale a nord della Loira e delle Alpi gli aratri pesanti erano generalmente forniti di coltro, vomere orizzontale, versoio e ruote; le regioni che usavano tali aratri sono quasi sempre, o lo sono state fino a tempi recenti, coltivate a strisce, ed una forte percentuale dell'area coltivata a strisce era anche organizzata in campi aperti, il che comportava una conduzione collettiva. Era questa la «tipica» economia di villaggio che dalla fine del Medioevo si estendeva, con interruzioni determinate da circostanze particolari, dall'Irlanda, ad occidente, fino alla Svezia meridionale e alle regioni slave ad oriente.

Il progresso avutosi negli ultimi anni nelle ricerche di storia agraria, consiste non solo in un aumento di dati, ma anche in una maggiore cautela nella valutazione delle testimonianze. È oggi possibile tracciare lo sviluppo, la fusione in tipi di relazioni costanti, e la diffusione dei vari elementi connessi agli aratri ed alla forma dei campi?

Come abbiamo visto, i romani usavano a volte, almeno nella valle del Po, tiri a piú coppie ed aratri semplici con ruote. A nord delle Alpi usavano a volte il coltro, ma non sappiamo a che sorta di aratro fosse attaccato, se pure non era addirittura separato dall'aratro stesso. Di quando in quando i romani usavano un aratro con due alette simmetriche per aprire il solco,[11] presumibilmente quando aravano per drenaggio. È inconcepibile per la mente moderna che non avessero un aratro ad una sola ala per spingere la zolla da un solo lato. Tuttavia apparentemente l'antichità non aveva nulla che somigliasse ad un versoio.[42] Le poche tracce di quelli che possono essere campi allungati nell'Inghilterra romana sono ambigue: se furono esperimenti di una nuova tecnica agricola, essi non ebbero tuttavia diffusione, neppure in Inghilterra. In quell'isola i romani ed i celti continuarono a coltivare i terreni leggeri, evitando quelli che richiedevano maggior la-

voro, ma che sarebbero stati piú redditizi.[13] Nonostante un certo fermento di idee i romani non fecero grandi progressi nella soluzione dei particolari problemi agricoli del Nord.

Nuovi importanti documenti sull'origine dell'aratro pesante ci vengono dalla filologia. Nelle lingue germaniche, celtiche e romanze la terminologia relativa all'aratro è singolarmente caotica, ma B. Bratanič, dell'Università di Zagabria, ha dimostrato che ventisei termini tecnici connessi all'aratro pesante ed ai relativi metodi di aratura (compresi i termini indicanti i modi della sistemazione a colmi e solchi) si trovano in tutti e tre i grandi gruppi linguistici slavi: l'orientale, l'occidentale ed il meridionale. Ciò significa che l'aratro pesante ed il suo uso, sia per la coltivazione a strisce che per la sistemazione a colmi e solchi erano familiari a tutti gli slavi prima della loro separazione alla fine del VI secolo.[14] Inoltre l'intero vocabolario è slavo, eccetto che per la parola chiave *plug*, cioè «plough» (ingl.: aratro). Quest'ultima appartiene al misterioso gruppo delle parole in «p» (come «path» e «penny») che, a quanto risulta, non sono di origine slava, né germanica, né celtica, né romanza.[15] Il Bratanič non attribuisce l'invenzione dell'aratro pesante agli slavi, ma ad «una qualche cultura contadina settentrionale» fino ad ora non identificata. Dal momento che la terminologia slava formatasi intorno alla parola *plug*, una volta che gli slavi ebbero l'aratro pesante, si sarà sviluppata molto rapidamente, non vi è motivo di datare il suo arrivo fra di loro molto prima che la invasione degli avari del 568 separasse gli slavi del Sud da frequenti contatti con i popoli che parlavano altre varietà della stessa famiglia linguistica.

Nei loro spostamenti tribali i goti furono in stretto contatto con gli slavi, e quando questi ultimi possedevano oggetti piú evoluti, i goti tendevano ad adottare la cosa e la parola che la designava: le mirabili spade laminate slave, ad esempio, li portarono ad adottare il termine *meki* per spada.[16] Nel V secolo i goti della Transilvania possedevano il coltro,[17] ma evidentemente lo usavano o solo, o con un aratro semplice, perché il termine gotico che designa l'aratro è *hôha*,[18] connesso a «hoe» (ingl.: zappa). Quando gli angli ed i sassoni invasero in ondate successive l'Inghilterra fra il 449 ed il 584, portarono con

sé solo un tipo di aratro semplice che chiamavano *sulh*,[49] termine collegato al latino *sulcus* «solco». In zona renana, nella *Lex salica* del 507-11 circa, il termine *carruca*, che in seguito significherà «aratro a ruote» (in francese *charrue*), significa ancora «carro a due ruote» e non «aratro».[50] Se rifiutiamo la discussa emendazione di *plaumorati*[51] nel testo di Plinio, il termine «plough» appare per la prima volta nel 643, in Italia settentrionale, nella forma longobarda latinizzata *plovum*.[52] Nel 724-30 la *Lex Alamannorum* mostra come nella Germania sud-occidentale *carruca* sia venuto a designare un aratro con due ruote davanti,[53] e all'inizio del IX secolo il nuovo significato aveva in genere, anche se non completamente, rimpiazzato l'antico, se non altro nelle regioni settentrionali del regno franco.[54]

Al di là della Manica si è rivolta una scarsa attenzione all'origine del termine inglese «plough» (aratro), dal nordico antico *plógr*.[55] Per quanto la forma anglosassone *ploh* non si trovi prima del 1100 circa,[56] il termine norvegese venne probabilmente introdotto in Inghilterra durante l'invasione e lo stanziamento danese nell'Inghilterra nord-orientale fra la metà del IX e l'XI secolo. Il significato di questi fatti linguistici è stato oscurato dall'opinione[57] che l'esistenza fra gli anglosassoni di campi aperti a strisce fosse documentata dalle leggi di re Ine del Wessex, databili al 688-94, e che tale sistema agrario rendesse necessario l'aratro pesante. Tale aratro, perciò, sarebbe stato portato dai primi invasori germanici, se non addirittura dai belgi cinque secoli prima.

Ma il Kirbis ha messo in evidenza come, in primo luogo il testo rimastoci delle leggi di Ine è una nuova emanazione di Alfredo il Grande (871-901), e quindi, per alcuni aspetti presumibilmente, antedatato; in secondo luogo che la versione alfrediana delle leggi di Ine non menziona campi aperti o agricoltura comunitaria di villaggio, ma solo strisce e pascoli comuni.[58] Vi sono anche alcune testimonianze sul fatto che i campi dei primi germani insediati in Inghilterra erano disposti a strisce,[59] ma abbiamo visto che le strisce possono essere coltivate anche da un aratro semplice. I campi aperti non sono sicuramente documentati fra gli anglosassoni prima del X secolo.[60] Intorno al 945

le leggi gallesi di Hywel Dda,[61] parlano chiaramente dell'aratro pesante e di aratura a strisce di campi aperti sotto controllo collettivo: ciascun tiro di aratro deve arare strisce per almeno dodici acri prima di smettere, assegnando una striscia ciascuno all'aratore, al conduttore, al proprietario delle lame dell'aratro, al proprietario del telaio, e a ciascun proprietario degli otto buoi. Dal momento che i danesi invasori portarono con sé un aratro cosí particolare che gli anglosassoni si sentirono costretti ad adottare il nome da una lingua straniera, non vi è alcun motivo per ritenere che sia essi che i gallesi tardassero ad adottare l'oggetto stesso in aree dove avrebbe potuto essere utilizzato con profitto.

Anche altri documenti confermano che ai danesi è da attribuire l'introduzione in Inghilterra dell'aratro pesante completo in tutte le sue parti. A giudicare da Beda e dagli altri scrittori antichi della Northumbria, gli anglosassoni distribuivano le terre in unità di «hide», cioè la superficie sufficiente a mantenere una famiglia: «terra unius familiae».[62] In Scandinavia, sotto l'influenza dell'aratro pesante ad otto buoi, si diffuse un tipo diverso di divisione della terra: l'unità base era il *bol*, diviso in otto *åttingar*,[63] e la tipica proprietà contadina sembra essere stata la *mark* o due *åttingar*, l'equivalente di una coppia di buoi. Nessun testo menziona il *bol* prima del 1085[64] ma, dal momento che se ne trovano tracce in comunità scandinave insediate in Normandia[65] intorno al 900, esso deve risalire all'epoca vichinga. Nel 1936 l'Homans ha messo in evidenza come, mentre la terminologia danese non s'incontra in Inghilterra, le regioni piú soggette all'insediamento ed all'influenza danese mostrano un sistema di divisione terriera in completa opposizione al tradizionale sistema anglosassone ad «hide», ma esattamente corrispondente al *bol* ed *åttingar*, ora chiamati «ploughland» e «oxgang», e conclude che ciò si può spiegare solo come importazione danese.[66] Nel 1066 i conquistatori normanni riconobbero un sistema di divisione terriera a loro familiare in Normandia,[67] e spontaneamente applicarono il termine latinizzato «carrucate» all'unità base, che era divisa in otto «bovates», e queste «bovates» erano in genere raggruppate a coppie, e formavano quattro «virgates» per ciascuna

carrucata. Dal momento che la particolare forma di divisione terriera, in contrasto con la divisione in «hide», dipende tecnologicamente dall'aratro ad otto buoi che lavora nei campi aperti di un'agricoltura a conduzione collettiva, dobbiamo concludere che il *plógr* fu, in effetti, una novità introdotta dagli invasori danesi tra la fine del IX e l'inizio del X secolo. Probabilmente il nuovo aratro si diffuse con rapidità in zone dove si continuò ad usare l'antica divisione terriera, nonostante la nuova tecnica agraria. Significativo delle preferenze dei contadini è il fatto che, quando all'inizio del XII secolo, dopo la terribile distruzione del 1069, lo Yorkshire fu ricolonizzato, come unità comuni di possesso piuttosto che l'«hide», furono usate le «bovates» e le «virgates» della Danelaw.[68]

Che cosa sappiamo dunque sull'origine dell'aratro pesante? Esso è giunto agli slavi da fonte sconosciuta, ma sembra che essi ancora non lo possedessero all'inizio del V secolo, quando erano ancora in contatto con i goti. Lo avevano tuttavia già ricevuto verso la fine del VI secolo, e ne avevano già sfruttato in pieno le implicazioni per l'aratura: non solo il sistema a strisce, ma anche la sistemazione a colmi e solchi. Vi è motivo di credere che una tale evoluzione dovesse aver luogo molto rapidamente in un ambiente favorevole. Non si può quindi scendere, per la datazione dell'aratro pesante, al di là dell'inizio del VI secolo.

Analizzando la sua diffusione dobbiamo riconoscere che, sebbene l'aumento della produttività che esso rendeva possibile avrebbe fatto rapidamente aumentare la popolazione, esso poteva tuttavia essere adoperato solo in aree già relativamente dense.[69] Era infatti di fabbricazione e d'uso costosi;[70] una famiglia isolata non avrebbe potuto utilizzarlo, un piccolo gruppo di famiglie – da quattro a dieci – avrebbe trovato difficile organizzare un sistema siffatto. Il nuovo tipo di aratro avrebbe potuto essere utilizzato solo in aree dove esistessero già dei villaggi, ed anche qui vi sarebbero stati forti ostacoli psicologici: per il suo uso il nuovo aratro richiedeva campi aperti e per crearli era necessario abolire tutti i precedenti diritti di proprietà su unità definite o strisce.

Recentemente geografi storici tedeschi hanno concluso che forse già

verso la fine del VI secolo, o senza dubbio nel VII, nella Germania sud-occidentale e nella regione del Reno ebbe inizio un notevole incremento della popolazione, del diboscamento e della colonizzazione, che si diffuse rapidamente in altre regioni;[71] espansione che sembra connessa all'aumento dei campi aperti.[72] Per una certa zona, la popolazione alla fine del VII secolo è stata valutata superiore di quattro volte a quella esistente sotto l'impero romano.[73] L'evoluzione già notata del significato del termine *carruca*, che avviene intorno a questo periodo nella valle del Reno, indica che l'aratro pesante era un fattore essenziale in questo processo di sviluppo, ed esso ha molta importanza per chi voglia spiegare l'esplosiva vitalità del regno carolingio dell'VIII secolo. Per quanto non si possa ancora datare l'arrivo del nuovo aratro in Scandinavia, si può supporre che il suo effetto sulla popolazione si possa vedere nelle migrazioni vichinghe iniziate intorno all'800. In tutti i casi gli uomini del Nord portarono con sé l'aratro pesante ed i metodi di divisione terriera ad esso piú idonei quando, alla fine del IX secolo, si stabilirono nella Danelaw in Inghilterra, ed in seguito in Normandia.

Per quanto i campi a strisce fossero senza dubbio comuni anche prima dell'aratro pesante, è improbabile che aratri piú leggeri dessero normalmente ai campi la sistemazione a colmi e solchi, caratteristica, nei terreni che richiedono drenaggio, del nuovo tipo di coltivazione. Certo, se si potessero datare archeologicamente le tracce fossili di campi a colmi e solchi, la nostra conoscenza sulla diffusione dell'aratro sarebbe resa piú agevole.[74] In particolare sarebbe utile la datazione di qualsiasi striscia leggermente curvata ad S, perché tale curva veniva prodotta dalla manovra di grandi tiri di aratro in prossimità della fine del campo.[75] Se esse fossero diffuse in tutta l'Europa settentrionale, i metodi degli storici locali inglesi ci potrebbero insegnare molto sull'esatta diffusione dei campi aperti, e perché in alcune regioni questo sistema non sia stato usato.[76]

Ma, come mostra l'esempio della Sardegna,[77] l'aratro pesante può non essere stato l'unica causa della creazione di campi aperti. E in effetti in agricoltura vi sono di solito almeno due motivi per fare qualche co-

sa. Una delle funzioni principali del sistema a campi aperti era la possibilità di incrementare l'allevamento del bestiame e nello stesso tempo mettere il massimo della terra arabile a grano. Anche dopo la migrazione in Gallia, i franchi continuarono a preferire la pastorizia all'agricoltura.[78] Finché vi fu una popolazione esigua rispetto alla terra disponibile, non vi fu una grande concorrenza fra i due regimi: gli animali pascolavano permanentemente. Ma con l'aumento della popolazione la superficie a coltura si diffuse a spese delle foreste, delle paludi e dei prati.[79] Finché ciascun contadino coltivava i propri campi a suo piacimento, questi non potevano essere utilizzati per il pascolo durante il maggese senza grandi spese per ripari, recinzioni o per mandriani. Il sistema a campi aperti, concentrando in un dato momento la coltura in uno o due grandi campi, rendeva disponibile l'intera superficie del maggese per il pascolo, e nello stesso tempo dava il massimo della protezione al raccolto contro il bestiame. Inoltre ciò garantiva che il letame non fosse disperso nel pascolo brado, ma fosse depositato sul terreno che sarebbe stato arato l'anno successivo.[80]

Come si è già rilevato, questo sistema equilibrato di allevamento e coltura arativa legato all'aratro pesante, si sviluppò, a quanto sembra, in un sistema normale ed accettato durante il VII secolo nel cuore dei territori franchi. E questo ci aiuta a spiegare la relativa prosperità ed il vigore dell'età carolingia.

Inoltre l'aratro pesante e la divisione delle terre in campi allungati ed aperti che ne deriva, contribuirono all'evoluzione dell'atteggiamento del contadino nordico, e quindi anche del nostro, nei confronti della natura. Da tempo immemorabile la terra era stata tenuta dai contadini in lotti sufficientemente grandi, almeno in teoria, da mantenere una famiglia. Per quanto la maggior parte delle famiglie pagasse un affitto, generalmente in prodotti o servizi, il presupposto era un'agricoltura di pura sussistenza. Nell'Europa settentrionale, e lí soltanto, l'aratro pesante mutò il criterio di divisione della terra: i contadini possedevano ora strisce di terra in proporzione, almeno teorica, al loro contributo al tiro dell'aratro. Non furono piú i bisogni della famiglia, ma la capacità di lavoro di una macchina, che determinarono

Cultura_in_Ita

la distribuzione della terra. Non è possibile immaginare trasformazione piú profonda nell'idea del rapporto dell'uomo con la terra: un tempo l'uomo faceva parte della natura, ora egli la sfrutta.

Questa nuova concezione si manifesta non solo nel tentativo compiuto da Carlomagno di ribattezzare i mesi dell'anno in base alle attività umane – giugno diviene il «mese dell'aratura», luglio il «mese della fienagione», agosto il «mese del raccolto»[81] – ma piú precisamente nel mutamento dei calendari illustrati iniziatosi poco prima dell'830.[82] I vecchi calendari romani mostravano di quando in quando scene di genere, ma la tradizione dominante (che continuò a Bisanzio) era quella di raffigurare i mesi come personificazioni «passive» con i simboli dei loro attributi. I nuovi calendari carolingi, che furono di modello per tutto il Medioevo, sono molto differenti: mostrano un atteggiamento attivo nei confronti della natura. La loro origine è decisamente nordica: l'olivo, che dominava in quelli romani, scompare.[83] Vi si vedono invece uomini che arano, mietono, tagliano la legna, bacchiano ghiande per i maiali, ammazzano il maiale. La natura e l'uomo sono ora due cose distinte, e l'uomo è il signore della natura.

II. Il cavallo come animale da lavoro

La diffusa applicazione dell'aratro pesante nell'Europa settentrionale fu solo il primo fattore di rilievo nella rivoluzione agraria dell'alto Medioevo; il secondo fu il perfezionamento di una bardatura che, insieme alla ferratura, avrebbe grandemente sviluppato le possibilità economiche e militari d'impiego del cavallo.

In uno sfruttamento prolungato, un animale da tiro dura quanto durano i suoi zoccoli. Gli zoccoli del bue sembrano meno soggetti a fratture che non quelli del cavallo e del mulo. Gli zoccoli del cavallo sembrano particolarmente sensibili all'umidità: si dice che, mentre sui terreni asciutti, come in Spagna, i loro zoccoli sono tanto resistenti che essi possono galoppare non ferrati su terreni rocciosi, nell'Europa settentrionale lo zoccolo diviene molle, si logora rapidamente e si danneggia con facilità.[84]

Indietreggiando di fronte alla spaventosa bibliografia sui ferri da cavallo, che egli aveva raccolto, il piú dotto archeologo dell'alto Medioevo, Dom Henri Leclercq, cedette le armi, osservando: «En ce qui regarde la ferrure des chevaux, nous laissons ce sujet à ceux qui ont des loisirs.»[85]

Non vi sono attualmente esempi sicuri di ferri da cavallo anteriori alla fine del IX secolo. L'affermazione piú autorevole del contrario è quella di Sir Mortimer Wheeler, il quale sostiene di aver scavato a

Maiden Castle ferri da cavallo «chiaramente stratificati... incontestabilmente della fine del IV o dell'inizio del V secolo».[86] È permesso dubitarne. Fra tutti gli oggetti archeologici la stratificazione dei ferri da cavallo è quella che ci deve far procedere con piú cautela: il cavallo che abbia posato una zampa sulla tana di un roditore può facilmente perdere un ferro, che l'abitante della tana può portare anche piú a fondo: i cavalli che affondano nel fango perdono spesso i ferri a due o tre piedi dalla superficie. In tali circostanze i risultati di uno scavo devono essere sottoposti ad un controllo in base ad informazioni derivanti da altre fonti.

Non vi sono testimonianze letterarie che greci, romani o franchi avessero i ferri da cavallo: gli oggetti ad essi piú simili erano gli ipposandali e le *soleae*,[87] attaccati con corregge o corde, ed usati per ornamento o per favorire la guarigione di uno zoccolo rotto. Dal momento che la veterinaria dei cavalli era di grande importanza per gli scrittori militari, la mancata menzione da parte loro dei ferri ha un valore maggiore che non abbiano per lo piú gli argomenti *e silentio*. Inoltre non vi è alcuna rappresentazione antica o altomedioevale di ferri da cavallo: la famosa statuetta di Carlomagno a cavallo, ora al museo di Carnevalet, può essere contemporanea, ma il cavallo con i ferri chiodati è probabilmente una ricostruzione del 1507.[88] E certamente la cavalleria non era ferrata nell'873, quando un freddo improvviso congelò il fango delle strade in Aquitania, e rovinò gli zoccoli dei cavalli.[89]

Per quanto riguarda l'archeologia, molti popoli pagani seppellivano i cavalli con i loro padroni, tuttavia in un ampio esame di tali tombe di cavalieri in Europa, ho trovato un solo oggetto che si ritenga essere un ferro di cavallo, un «Hufeisenstück mit Nagel», proveniente dalla tomba I di Pfahlheim,[90] probabilmente del VII secolo. Ma vien fatto di chiedersi innanzi tutto se sia esatta l'identificazione del frammento, in secondo luogo dove siano gli altri tre ferri, ed in terzo luogo se non possa essere avvenuto che un cavallo medioevale l'abbia perduto affondando una zampa lí dentro.

Il primo esempio sicuro di ferri da cavallo proviene dalle tombe dei cavalieri nomadi della regione dello Jenissei, in Siberia, che risalgono

al IX/X secolo.[91] Contemporaneamente i ferri da cavallo vengono menzionati nella *Tactica*, opera bizantina dell'imperatore Leone VI,[92] che regnò dall'886 al 911. In occidente sentiamo probabilmente per la prima volta il suono degli zoccoli ferrati nell'ultimo decennio del IX secolo, quando il *Waltharius* di Eccheardo dice «ferrata sonum daret ungula equorum».[93] Nel 973 Gerardo nei *Miracula Sancti Oudalrici* parla di ferri chiodati come di cosa abituale per coloro che compivano lunghi viaggi.[94] Nel 1038 Bonifacio di Toscana ostentava la sua condizione usando chiodi d'argento per i ferri del suo cavallo.[95] Verso la fine dell'XI secolo dovevano essere molto comuni, perché, sotto Edoardo il Confessore (m. 1066), sei fabbri a Hereford ne producevano ciascuno annualmente 120, con il ferro del re, come parte delle loro tasse.[96] Inoltre ferri chiaramente chiodati appaiono in almeno una miniatura della metà dell'XI secolo.[97] Possiamo quindi ritenere con certezza che nell'XI secolo i vantaggi della ferratura erano evidenti sia al contadino che al signore, e che i contadini potevano disporre del metallo per fabbricarli.

Ma anche un cavallo ferrato è di scarsa utilità per arare o tirare, se non è attaccato in modo che la sua forza di trazione possa essere utilizzata. Grazie agli studi di Richard Lefebvre des Noëttes sappiamo ora che nell'antichità i cavalli si attaccavano in una maniera straordinariamente inefficiente. Il giogo, che ben si adattava ai buoi,[98] era applicato anche ai cavalli in modo tale che dai due estremi del giogo partivano due cinghie che circondavano la pancia e il collo dell'animale. Ne derivava che, non appena il cavallo cominciava a tirare, la cinghia del collo premeva sulla vena iugulare e sulla trachea, e tendeva a soffocarlo e ad impedire il flusso di sangue alla testa. Inoltre il punto di trazione risultava in tal modo al garrese: troppo alto, da un punto di vista meccanico, per ottenere il massimo effetto. Al contrario il tipo moderno di bardatura consiste in un collare rigido imbottito, che posa sulla spalla, in modo da permettere una libera respirazione e circolazione del sangue. Al collare è attaccato il carico o per mezzo di tirelle laterali, o con stanghe, in modo che il cavallo possa sfruttare tutto il suo peso per tirare. Lefebvre des Noëttes ha provato sperimen-

talmente che una coppia di cavalli con una bardatura a giogo può tirare solo 1000 libbre circa, mentre con una bardatura a collare la stessa coppia può tirare quattro o cinque volte tanto.[99] Ovviamente, finché non fu disponibile la bardatura moderna, i contadini per arare,[100] per erpicare e per trainare carichi pesanti non potevano utilizzare, al posto dei lenti buoi, i ben piú rapidi cavalli.

Lefebvre des Noëttes ha esaminato numerosi tentativi romani, della Cina degli Han, e bizantini per eliminare lo svantaggio della bardatura a giogo, modificando la cinghia pettorale, che aveva il difetto di premere violentemente, a volte anche combinandola con stanghe laterali.[101] Fra i ritrovamenti piú recenti di particolare importanza sono una fibula romana di bronzo, probabilmente del III secolo, proveniente da Colonia, a forma di giogo da garrese per un solo animale, attaccato a stanghe,[102] ed un piccolo giogo da garrese, del II o III secolo, scoperto a Pforzheim, egualmente da usarsi con stanghe.[103] Inoltre un mosaico tardoromano di Ostia mostra un mulo cui sono attaccate due stanghe con qualche cosa che sembra essere un collare rigido, sebbene poggi alto sul collo.[104] Che tali esperimenti di bardatura venissero gradualmente perfezionati è mostrato da un arazzo della prima metà del IX secolo, trovato sulla nave di Oseberg presso Oslo, che mostra cavalli bardati con un solo piccolo giogo da garrese, una cinghia pettorale, e tirelle laterali che partono dal punto in cui la cinghia si unisce al giogo.[105] Potremmo cosí essere certi che la bardatura moderna sia il prodotto di un lento sviluppo in Occidente, se non fosse per alcune testimonianze filologiche, pubblicate in maniera ancora insufficiente per essere giudicate, secondo le quali il termine inglese *hames* ed il tedesco *Kommut* sono di origine turca [106] ed implicano necessariamente una diffusione dall'Asia centrale. Si sostiene inoltre che, mentre il pettorale fu ricevuto, tramite i germani, dagli slavi prima della grande diaspora del VI secolo, il collare da cavallo (ed il suo nome turco) fu importato dai germani nell'VIII/IX secolo.[107]

Quest'ultima data si accorda bene con altre nuove testimonianze. Mentre Lefebvre des Noëttes indicava tre miniature franche dell'inizio del X secolo [108] come il primo esempio del nuovo collare, ve ne è

una, anteriore di un secolo, nella *Apocalisse* di Treviri (tav. 2), miniata nel cuore del regno franco intorno all'anno 800.[109] Supporti metallici per collari da cavallo sono stati trovati in Svezia, in tombe della metà e della fine del IX secolo.[110] Sempre alla fine del IX secolo Alfredo il Grande rileva, con evidente sorpresa, che lungo le coste settentrionali della Norvegia i cavalli venivano usati per arare.[111]

Quale vantaggio aveva il contadino nell'usare il cavallo invece del bue per i lavori agricoli? Gli studi condotti dagli agronomi moderni sui vantaggi specifici del cavallo e del bue possono fuorviarci un poco, perché i loro esperimenti non sono stati fatti con cavalli e buoi medioevali. Per quanto non lo si possa ancora provare, è probabile che dall'VIII secolo in poi, il crescente peso delle armature avesse determinato, da parte dei cavalieri, una richiesta di cavalli piú robusti, e che questi fossero allevati sistematicamente,[112] prima che si sviluppasse un allevamento selettivo del bestiame in genere. Sebbene vi fosse grande differenza fra il *destriero* del barone ed il cavallo da lavoro del contadino, incroci occasionali avrebbero ben presto migliorato il cavallo da lavoro. In ogni caso si può affermare con sicurezza che rispetto ai cavalli, nel Medioevo i bovini erano piú deboli di quanto non siano oggi. Dobbiamo dunque concludere che qualsiasi vantaggio emerga oggi nell'impiego del cavallo in agricoltura deve essere aumentato se riportato al periodo medioevale.

Esperimenti moderni mostrano che, se il cavallo ed il bue hanno approssimativamente la stessa capacità di tiro, il cavallo si muove tanto piú rapidamente, da produrre un lavoro superiore del 50 per cento.[113] Il cavallo ha inoltre una maggiore resistenza, e può lavorare una o due ore al giorno piú del bue.[114] La maggiore velocità e resistenza del cavallo sono particolarmente importanti nel clima incostante dell'Europa settentrionale, dove il successo di una semina può dipendere dall'aver arato e seminato in condizioni favorevoli. Inoltre la velocità del cavallo facilitava l'erpicatura, che era ben piú importante nel nord che nell'area mediterranea, dove l'aratura incrociata riusciva a frantumare bene le zolle.

Sono questi elementi che rendono sospetto il calcolo dei costi com-

piuto dagli scrittori agricoli del XIII secolo, come Walter of Henley, che preferiscono il bue come animale da aratro in base al fatto che il cavallo consuma molto piú di un bue, e che mentre un cavallo vecchio vale solo la sua pelle, un vecchio bue può essere ingrassato e venduto al macellaio.[115] Gli agronomi moderni, pur sapendo bene che il rapido deprezzamento di un cavallo tende a controbilanciare la sua efficienza lavorativa, hanno tuttavia calcolato che il bue è, per giornata lavorativa, del trenta per cento piú costoso del cavallo.[116] Ciò che i contadini medioevali pensassero in materia è indicato dal fatto che, nel XII secolo, lungo le coste slave ad est della Germania, le misurazioni della terra arabile venivano fatte in base a quanto poteva arare una coppia di buoi, o un cavallo:[117] un vantaggio, quindi, del cento per cento al cavallo.

Considerando la testimonianza norvegese della fine del IX secolo, è strano che non si posseggano figurazioni di cavalli che lavorano i campi fino a 200 o piú anni dopo, quando ne appaiono due: sul bordo dell'Arazzo di Bayeux, eseguito probabilmente nel Kent, intorno al 1077-82,[118] è raffigurato un cavallo che tira un erpice, ed una mula attaccata ad un aratro a ruote; mentre dell'inizio del XII secolo è l'arazzo dell'Apocalisse, ora alla cattedrale di Gerona, ma con influenze nordiche, il quale rappresenta il mese di aprile con un tiro di cavalli che compiono l'aratura primaverile con un aratro a ruote.[119]

Tuttavia verso la fine dell'XI secolo il cavallo da aratro doveva essere divenuto frequente nelle pianure dell'Europa settentrionale: nel 1095, infatti, Urbano II, al concilio di Clermont, che diede inizio alla prima crociata, pose sotto la protezione della pace di Dio «i buoi ed i cavalli da aratro (*equi arantes*) e gli uomini che guidano gli aratri e gli erpici, ed i cavalli con i quali erpicano (*equi de quibus hercant*)».[120] Infine, in una conversazione registrata nei pressi di Kiev nel 1103, si dice che nell'Ucraina i contadini compivano tutto il lavoro di aratura con i cavalli,[121] che è forse la chiave per spiegare la precocità della cultura della regione di Kiev in quel periodo.

Quando il mondo degli studiosi avrà compreso che la diffusa sostituzione dei buoi con i cavalli segnò un momento determinante nel-

l'applicazione del lavoro nell'agricoltura, l'esame dei documenti locali ci metterà in grado di sapere con quale rapidità, ed esattamente in quali regioni, ebbe luogo il mutamento. Lo stato degli archivi inglesi, ad esempio, è tale che ne dovrebbero emergere molte notizie, anche se fino ad ora sappiamo poco. Sia o no esatta l'attribuzione dell'Arazzo di Bayeux al Kent, l'arazzo stesso dimostra che gli anglo-normanni avevano familiarità con l'impiego del cavallo nell'agricoltura. Tuttavia nel *Domesday Book* del 1086 non vi è cenno a cavalli da aratro: gli impiegati dello scacchiere di Guglielmo il Conquistatore parlano con una uniformità un po' sospetta di aratri ad otto buoi; ma il modo in cui arrotondano le frazioni indica che usavano l'aratro ad otto buoi piuttosto come misura astratta del valore della terra tassabile.[122] Un esame attento mostra che nel 1086 gli aratri inglesi erano tirati spesso da un numero maggiore o minore di buoi, probabilmente a seconda della prosperità delle singole proprietà o delle variazioni del suolo o della topografia.[123] Nel *Liber niger* di Peterborough, del 1125 circa, Trow-Smith ha trovato un cavallo che erpica, ma non uno che ara.[124] Nel 1167 un fondo regio della contea di Oxford fu rifornito di quarantotto buoi per sei tiri di aratro, e cinque cavalli [125] che sembrano destinati a carri ed erpici piuttosto che ad aratri. Tuttavia una descrizione, di non molti anni dopo, del mercato di cavalli, che si teneva il venerdí a Smithfield, fuori delle porte di Londra, parla di cavalli «per carro, carretto ed aratro».[126] Sia nell'elenco dei beni di Durham del 1183 [127] che nell'inchiesta dei Templari del 1185 [128] troviamo solo cavalli all'erpice; ma intorno al 1191 scopriamo l'abate Samson di Bury St. Edmunds che concede delle terre dotate in un caso di un aratro con due buoi e tre cavalli (uno dei quali probabilmente per erpicare), e in un altro caso con un tiro di sei buoi e due cavalli, infine un'altra terra dotata di altri due tiri analoghi e di un terzo tiro da aratro di otto cavalli.[129] Dalla descrizione della fine del XII secolo delle ventitré terre dell'abbazia di Ramsey dalla quale si può valutare la natura dei tiri da aratro, in nove casi si usavano solo buoi, mentre negli altri quattordici si usavano tiri misti.[130]

Queste sono notizie sparse, alle quali se ne aggiungeranno senza

dubbio molte altre con il passare del tempo. Ma la tendenza che indicano è chiara: alla fine del XII secolo in Inghilterra, almeno in alcune regioni che, per ora, non possono ancora essere definite,[131] il cavallo cominciava ad essere usato per l'aratura. La Normandia era piú avanti dell'Inghilterra: due documenti del XIII secolo indicano che nel ducato i contadini facevano l'intero lavoro dell'aratura con cavalli,[132] ed un secolo piú tardi Nicola d'Oresme, morto nel 1382 quale vescovo di Lisieux, dava per scontato che il lavoro dell'aratura venisse fatto con cavalli.[133]

Forse uno dei motivi dell'arretratezza tecnologica inglese era dovuto al fatto che, mentre in Francia lo sfruttamento diretto della proprietà dominicale diminuiva nettamente a favore degli affitti, l'Inghilterra del XIII secolo assisteva ad una decisa ripresa della proprietà dominicale e delle prestazioni d'opera.[134] Il trattato di Walter of Henley fu uno dei testi destinati a favorire questa ripresa,[135] ed il motivo reale della sua preferenza per il bue come animale da aratro risulta chiaro quando egli osserva che «la malizia dell'aratore non permette ad un aratro tirato da un cavallo di andare piú veloce di uno tirato da un bue».[136] Questo «rallentamento» può aver influito sull'aratura del terreno dominicale, fatta con riluttanza sotto l'obbligo di una norma feudale (ed era tale tipo di aratura che, per la sua stessa natura, veniva ricordata), ma ciò non si sarà verificato quando il contadino lavorava il proprio fondo. E sia per superficie che per valore produttivo, nell'economia generale le proprietà contadine erano di gran lunga maggiori di quelle dominicali.

Non solo l'aratura, ma anche la rapidità ed il costo dei trasporti terrestri furono profondamente modificati a favore dei contadini dalla nuova bardatura e dalla ferratura. In epoca romana il trasporto terrestre di beni ingombranti ne raddoppiava il prezzo ogni cento miglia circa.[137] Ne derivò che i latifondi, anche vicini a Roma, ma privi di vie d'acqua interne per competere con i carichi egiziani, nord-africani e siciliani, non potevano permettersi di coltivare grano per il mercato romano.[138] Al contrario nel XIII secolo il costo del grano sembra aumentasse solo del trenta per cento ogni cento miglia di trasporto ter-

restre,[139] cifra ancora alta, ma sempre tre volte inferiore a quella dell'antica Roma. Ora cominciava ad essere possibile anche per quei contadini, che non vivevano lungo corsi d'acqua navigabili, pensare meno in termini di sussistenza e piú invece ad un'eccedenza di prodotto per il mercato.

Sappiamo ancora molto poco sul miglioramento dei carri che seguí l'invenzione della bardatura moderna, perfezionamento degli assi anteriori girevoli con perno,[140] freni adeguati, bilancini [141] e cosí via. La maggior parte dei veicoli romani, fatta eccezione per i carri cerimoniali e le corriere postali, sembrano essere stati a due ruote. Ma dalla prima metà del XII secolo troviamo un'ampia *longa caretta* a quattro ruote, tirata da cavalli, capace di portare pesanti carichi,[142] e verso la metà del XIII secolo il carro aveva normalmente quattro ruote.[143] Fra Salimbene narra che nel 1248, a Hyères in Provenza, fra Pietro di Puglia cosí rispose a chi gli domandava che cosa pensasse degli insegnamenti di Gioacchino da Fiore: «Mi interesso di Gioacchino quanto della quinta ruota di un carro.»[144] Non solo i mercanti, ma anche i contadini potevano ora portare piú merci verso mercati migliori.

La nuova bardatura influenzò la vita dei contadini settentrionali anche in un'altra maniera. Quando i geografi storici cominciarono a studiare campi ed insediamenti abbandonati della Germania, ritenevano che questi fossero stati abbandonati durante la guerra dei Trent'anni o dopo la peste del 1348-50. Con loro stupore trovarono però che l'abbandono degli insediamenti, non dei campi, iniziò nell'XI secolo e fu molto intenso nel XIII.[145] Non solo i contadini si dirigevano verso le città vicine, e continuavano ad andare ogni giorno nei campi, ma i villaggi assorbivano gli abitanti dei piccoli centri vicini. In un periodo nel quale la popolazione totale dell'Europa aumentava rapidamente,[146] località da tempo abitate [147] perdevano la loro identità per l'accentrarsi dei contadini in villaggi sempre piú grandi.

Nonostante il fatto che uno studioso abbia deplorato la conseguente «urbanizzazione spirituale» dei contadini del XIII secolo,[148] i vantaggi personali di tale concentrazione sono evidenti: un piccolo centro di cinque o dieci case aveva una vita ristretta. Certo in un grosso villaggio

di due o trecento famiglie vi sarebbe stata, non solo una difesa migliore in caso di pericolo, ma una taverna, una chiesa bella e grande, forse una scuola diretta dal prete, nella quale i ragazzi potevano imparare a scrivere, certo piú corteggiatori per le ragazze, e poi, non solo venditori ambulanti con fagotti, ma mercanti con carri e notizie di paesi lontani. Ma questi vantaggi di una vita piú «urbana» hanno sempre attratto il campagnolo. Come mai proprio all'inizio dell'XI secolo cosí numerosi furono coloro che riuscirono ad appagare i propri desideri?

La risposta sta forse nel passaggio dal bue al cavallo come principale animale da lavoro. Il bue si muoveva cosí lentamente che i contadini che lo usavano erano costretti a vivere sui campi. Con l'impiego del cavallo per l'aratura e per il trasporto lo stesso tempo già necessario per andare e venire dai campi sarebbe bastato al contadino per coprire distanze molto maggiori. Il rapporto matematico esistente fra il raggio di un cerchio e la sua area governò la ridistribuzione degli insediamenti. Anche un piccolo aumento della distanza massima che valeva la pena percorrere dal villaggio fino al campo piú lontano, avrebbe accresciuto enormemente l'area totale che poteva essere coltivata dal villaggio stesso. Avvenne cosí che regioni una volta disseminate di minuscoli centri divennero vaste distese dominate da grandi villaggi che rimasero agrari da un punto di vista economico, ma la cui struttura e persino il modo di vita divennero incredibilmente simili a quelli d'una città.

Il fenomeno dell'agglomeramento è stato fino ad ora accertato solo per alcune parti della Germania, ve ne sono tuttavia tracce nella Francia settentrionale [149] e nell'Inghilterra,[150] e senza dubbio ebbe luogo in altre aree dove era tecnicamente possibile. Nel cuore del Medioevo questo «inurbamento» dei lavoratori agricoli pose le basi per quello spostamento del centro della civiltà occidentale dalla campagna alla città, che è stato cosí intenso negli ultimi secoli. Esso ha fornito al contadino settentrionale la preparazione psicologica per questo grande spostamento, e forse lo ha messo in grado di acquistare quelle attitudini e quegli «anticorpi» spirituali che hanno ridotto lo shock sociale degli sviluppi successivi.

Analizzando il rapporto cavallo-bue ci troviamo di fronte ad una strana serie di fatti. In gran parte dell'Europa settentrionale, dal Galles alla Svezia, il predominio dell'aratro pesante è stato tale che la superficie arabile si è misurata in otto sezioni, in relazione agli otto buoi dell'aratro:[151] è stato tuttavia all'incirca in questa stessa regione – cioè nelle pianure formate dai fiumi che si versano nel mare del Nord e nel Baltico – che il cavallo è divenuto infine il normale animale da aratro.[152] Quale particolare rapporto vi è stato fra il cavallo e l'aratro pesante? E se la bardatura moderna era conosciuta in Europa intorno all'800, perché il cavallo fu impiegato largamente nell'agricoltura con un ritardo di quasi tre secoli? La risposta va cercata in un nuovo sistema di rotazione agraria che, unito all'aratro pesante ed al cavallo da tiro, completò il nuovo e ben piú produttivo sistema dell'agricoltura settentrionale.

III. La rotazione triennale e i miglioramenti della nutrizione

Il sistema di rotazione triennale è stato definito «la piú grande novità agricola del Medioevo nell'Europa occidentale».[153] Esso si diffuse improvvisamente alla fine dell'VIII secolo: la prima notizia databile risale al 763;[154] la successiva è del 783 [155] e la terza dell'800.[156] In seguito le testimonianze sono cosí frequenti che quegli storici che seguono il dogma che nella vita rurale nulla può mutare rapidamente sono costretti a credere che la rotazione triennale sia un'invenzione anteriore di molto,[157] che sia però riuscita ad eludere i documenti.

Ma sembrerebbe che lo stesso Carlomagno pensasse alla nuova organizzazione dell'anno agricolo – che era stata adottata nei fondi imperiali, da quel che si può giudicare dal capitolare *De villis*,[158] – come a qualche cosa di cosí nuovo e significativo che si era sentito costretto, come si è già detto, a ribattezzare i mesi in sua funzione. Precedentemente l'aratura per la semina invernale veniva fatta in ottobre o in novembre, ed il raccolto maturava in giugno o luglio, ma nella nuova nomenclatura di Carlomagno giugno, il mese in cui si ara il maggese, è il «mese dell'aratura», ed agosto il «mese del raccolto».[159] Era la propaganda dell'imperatore per una novità agricola che egli dovette sentire di primaria importanza per il suo regno.

In epoca romana non vi fu nulla di paragonabile alla rotazione triennale. Plinio [160] ci dice che una volta il popolo di Treviri seminò grano

in marzo, dopo che la semina invernale era andata distrutta: ma ciò viene raccontato come un fenomeno del tutto insolito, e non vi è motivo di credere che venisse ripetuto. Plinio conosceva ovviamente prodotti estivi seminati in primavera, ma lo stesso elenco – miglio, panico, sesamo, salvia, crescione invernale (tutti prodotti che, dice, sono seminati in inverno in Grecia ed Asia, ma non in Italia), lenticchie, ceci, alica – paragonato a quello dei prodotti seminati in inverno: frumento, spelta, orzo, fagioli, rape e ravizzone – mostra quanto poco importante fosse la semina primaverile.[161] Egli ricorda anche che Virgilio raccomandava di piantare i fagioli in primavera, come si faceva vicino a Padova, ma Plinio considera normale la loro semina in autunno.[162] I piselli invece, in Italia e nei climi piú freddi, si seminano solo in primavera.[163] Anche se Plinio [164] e gli agronomi romani [165] sapevano bene che i legumi arricchiscono il suolo, apparentemente non vi era alcun sistema regolare e consuetudinario di alternare tali colture con i cereali.

Ben piú importanti anticipazioni della rotazione triennale si incontrano nell'estremo nord. Un paleobotanico danese ha concluso, sulla base dell'analisi dei pollini, che l'antica agricoltura della regione baltica era limitata alle semine primaverili, e che l'aratura e la semina autunnale furono, per quell'area, un'innovazione tardo medioevale.[166] Scrivendo nel VI secolo prima di Cristo, Ecateo [167] dice che nella Britannia si facevano due raccolti ogni anno. L'Applebaum ha notato [168] che nel Nord durante l'età del bronzo, il cereale principale era l'orzo, che nei climi settentrionali è stato generalmente, nel Medioevo e in tempi piú recenti, una semina primaverile; egli suggerisce quindi che il mutamento di clima avvenuto intorno al 500 a. C. possa aver portato ad una concentrazione delle semine invernali, ma con tracce, in alcune aree, di semine primaverili.

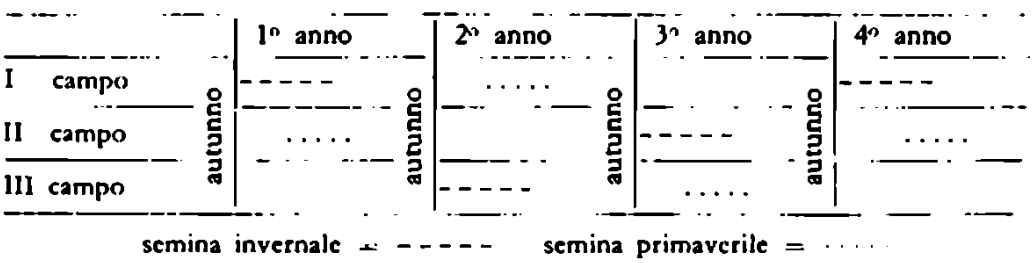
Sembra dunque probabile che, mentre i Carolingi marciavano con i loro eserciti nella Germania barbarica, mentre san Bonifacio e le legioni dei suoi benedettini sostituivano le are pagane con cattedrali e chiostri, e mentre i germani ed i latini cominciavano a fondere i loro talenti nella costruzione di una nuova cultura europea, nello stesso mo-

mento le colture primaverili del Baltico e del mar del Nord si univano alle colture autunnali del Mediterraneo per creare un nuovo sistema agricolo di gran lunga piú produttivo di ambedue i precedenti.

Come funzionò dunque il sistema triennale rispetto alla vecchia rotazione biennale?

Nel sistema di rotazione biennale circa metà della terra veniva seminata con cereali invernali, mentre l'altra metà veniva lasciata a maggese. L'anno successivo i due campi invertivano le funzioni.

Nel sistema triennale la superficie arabile veniva approssimativamente divisa in tre parti. Una parte veniva seminata in autunno con frumento o segala. La primavera successiva il secondo campo veniva seminato con avena, orzo, piselli, ceci, lenticchie o fave. Il terzo campo veniva lasciato a maggese. L'anno successivo il primo campo veniva seminato con colture primaverili, il secondo rimaneva a maggese, mentre il terzo veniva seminato con grani invernali.



Nell'VIII, IX, e X secolo vi erano solo tre arature per l'intero ciclo triennale: in ottobre o novembre per la semina invernale; in marzo, o quando il terreno cominciava a riscaldarsi, per la semina primaverile; alla fine di giugno per il maggese.[169] Cosí, nel periodo precedente, una comunità di villaggio di 600 acri, con il sistema di rotazione biennale, avrebbe lavorato 600 acri per 300 messi a coltura ogni anno, mentre degli stessi 600 acri a rotazione triennale 400 acri sarebbero stati messi a coltura, con lo stesso lavoro: un aumento di un terzo.

Ma al piú tardi intorno al XII secolo [170] si era cominciato a trovar conveniente, sia nella rotazione biennale che in quella triennale, arare il maggese due volte, in modo da eliminare le erbe ed aumentarne la fertilità. Questo mutamento aumentò ulteriormente la convenienza della rotazione triennale. Contadini che coltivassero 600 acri a rotazione

biennale, ed arassero due volte il maggese, avrebbero arato annualmente 300+600=900 acri per 300 messi a coltura. Con 600 acri a rotazione triennale, ed arando il maggese due volte, essi avrebbero arato ogni anno 200+200+400=800 acri per 400 di seminativo. Sempre su 600 acri l'incremento della produzione, adottando la nuova rotazione, sarebbe ancora solo di un terzo. Ma, dal momento che il mutamento comportava una riduzione dell'aratura di 100 acri all'anno, si sarebbero potuti aggiungere, senza ulteriore lavoro, 75 acri (25+25 +50),[171] se, naturalmente, ci si poteva procurare questa terra con la bonifica. Gli stessi contadini avrebbero cosí coltivato non 600 ma 675 acri, dei quali 450 seminativi, ed il vantaggio produttivo sulla rotazione biennale sarebbe stato del 50 per cento. La diffusione del sistema di rotazione triennale diede cosí impulso al dissodamento: le foreste furono abbattute, le paludi furono prosciugate, e le dighe sottrassero i campi al mare.

La nuova rotazione aveva dunque molti vantaggi. In primo luogo, come si è appena detto, aumentò di un ottavo l'area che un contadino poteva lavorare, e della metà la produzione. In secondo luogo il nuovo sistema distribuí il lavoro dell'aratura, della semina e del raccolto piú uniformemente nell'anno, aumentando cosí il rendimento. In terzo luogo ridusse il pericolo delle carestie, diversificando i prodotti e sottoponendoli a condizioni diverse di germinazione, sviluppo e raccolto. Ultimo fatto, ma forse il piú importante, la semina primaverile, che era l'essenza della nuova rotazione, aumentò enormemente la produzione di alcuni prodotti che avevano un significato particolare.

L'avena era giunta in Europa dall'Asia Minore in epoca preistorica, probabilmente come erba che cresceva con il frumento, ma i romani non la coltivarono.[172] L'avena è il migliore cibo per i cavalli.[173] Il bue è un «motore» che consuma erba: il cavallo è molto piú efficiente come «motore ad avena». I contadini dell'Europa meridionale non avevano scelta fra bue e cavallo come bestia da aratro a causa della rotazione biennale, che non offriva un'eccedenza di biada sufficiente a mantenere molti cavalli.[174] Dal momento che l'avena era una delle principali colture primaverili, i contadini settentrionali ebbero, come risultato del-

l'avvicendamento triennale, l'eccedenza di biada necessaria, in qualità e quantità, per i cavalli.[175] Alla fine del Medioevo sembra esservi una chiara correlazione fra la rotazione triennale e l'uso del cavallo nell'agricoltura.

Può essere che il ritardo di 300 anni fra l'arrivo della moderna bardatura e la diffusione dell'impiego del cavallo per scopi non militari possa essere spiegato con le difficoltà pratiche nel far passare un villaggio dalla rotazione biennale a quella triennale. Sappiamo di alcuni casi in cui ciò avvenne;[176] ma, a meno che non fosse possibile la messa a coltura di un terzo campo,[177] o le proprietà individuali, per puro caso, non fossero disposte in modo tale che dove ve n'erano di divise in due si potessero dividere in tre senza drastiche ridistribuzioni delle strisce, una evoluzione siffatta deve essersi scontrata con l'opposizione dei diritti acquisiti.

Sistemazioni di questo genere possono essere effettuate molto piú facilmente quando si colonizzano nuove terre, o quando aree devastate vengono ripopolate dopo un periodo di caos. La fine del IX e l'inizio del X secolo furono un periodo di terrore: le regioni dell'Europa settentrionale che non furono invase dai cavalieri ungari, furono devastate dalle scorribande vichinghe. Solo dopo che i normanni si furono stabiliti alla foce della Senna e nel Danelaw, e dopo che la potenza magiara era stata schiantata a Lechfeld, ebbe termine la seconda ondata di invasioni, ben piú distruttiva delle incursioni germaniche, che avevano travolto Roma. La ricostruzione iniziò immediatamente, e sembra probabile che nel Nord le nuove comunità agricole siano state desiderose di organizzarsi secondo la nuova e superiore tecnica della rotazione delle colture;[178] ed essa le avrebbe gradualmente rifornite di quell'avena, che permise l'allevamento di cavalli. Tenendo conto di questa connessione di eventi non ci si deve meravigliare se il cavallo da lavoro cominciò ad essere impiegato sempre piú spesso nell'XI secolo.

Il problema della diffusione del sistema di rotazione triennale dal punto di origine nell'area franca, fra la Senna ed il Reno, non è stato ancora studiato sistematicamente. Come la soluzione di tanti altri problemi fondamentali di storia agraria, anche questo dovrà attendere

una documentazione locale ed indagini sul campo ben piú dettagliate di quante non ne siano state fino ad ora condotte.[179] Anche in Germania, dove piú che altrove si è lavorato in questo senso, non si può dire altro che la diffusione della rotazione triennale avvenne molti secoli dopo il suo inizio, che risale a poco prima dell'800.[180] L'Ungheria lascia sconcertati: un'abbazia sembra praticare l'avvicendamento triennale nei suoi possessi nel 1086, ma non se ne trova altro cenno fino al 1355.[181] Nel XIII secolo essa appare fra gli Slavi meridionali,[182] in Polonia [183] e nella Svezia meridionale.[184] Ad occidente, non sembra che abbia raggiunto l'Inghilterra prima del XII secolo,[185] donde fu probabilmente portata in Irlanda alla fine dello stesso secolo dai colonizzatori anglo-normanni.[186]

Abbiamo visto in che misura la nuova disponibilità di avena derivante dalla rotazione triennale aumentasse il numero e la forza dei cavalli. Ma anche gli uomini subirono l'influenza delle nuove risorse di cibo.

In aggiunta all'avena ed all'orzo la semina primaverile era abitualmente composta di legumi. Abbiamo già notato che i romani conoscevano i piselli, i ceci, le lenticchie e le fave, e sapevano anche che i legumi arricchiscono il suolo. Ma la preferenza mediterranea per le semine autunnali sembra esser stata cosí forte che anche nell'area settentrionale, di piogge estive, i romani non coltivarono questi prodotti in gran quantità rispetto ai cereali. Ma, tuttavia, dalla fine dell'VIII secolo, le colture estese di legumi cominciarono a rivestire un ruolo importante ed indispensabile nella nuova rotazione triennale. In realtà la loro funzione non è stata ancora sufficientemente sottolineata; la proprietà di queste piante di fissare l'azoto era fondamentale per il mantenimento della fertilità nella coltivazione piú intensa.

Malthus non era un dietista: egli supponeva infatti che la popolazione fosse legata alle disponibilità del cibo. Il problema è ben piú complesso: il cibo non è ancora cibo se non forma una razione equilibrata, il cui elemento principale è la relazione fra carboidrati e proteine. Una dieta sovraccarica di carboidrati diviene rapidamente pericolosa come la fame, ed è infatti «fame» di amminoacidi. Teoricamente

una società può essere in grado di produrre una grande quantità di carboidrati, che non avrebbe alcun motivo pratico di produrre finché non riesce ad aumentare la disponibilità di proteine. Tutto ciò che influisca sulla quantità di proteine disponibili avrà rapidamente un riflesso demografico.[187]

Nella rotazione triennale la semina autunnale era in gran parte di carboidrati, ma quella primaverile aveva un gran numero di proteine vegetali. Alla fine dell'XI secolo, queste ultime erano diventate non meno importanti dei cereali, come è indicato dal lamento di Orderico Vitale sulla terribile siccità che colpí la Normandia e la Francia nell'estate del 1094, e seccò «le messi ed i legumi» (*segetes et legumina*).[188] L'immagine consueta dei campi estivi ci è data dall'antica filastrocca inglese:

Do you, Do I, does anyone know
How oats, peas, beans and barley grow?

[Forse che tu, io o qualcun altro sa
come l'avena, i piselli, i fagioli
e l'orzo crescono?]

E nel XIII secolo sant'Alberto Magno ci dice dell'anguilla che lascia i fiumi per i campi, dove troverà seminati i piselli o i ceci.[189] Gli schiavi di Catone venivano nutriti con cereali e non con fagioli,[190] e Plinio aveva lodato come cibo i legumi piú dei cereali.[191] Un sacramentario carolingio riporta una *Benedictio favae*:[192] adesso le preghiere venivano esaudite.

Le conoscenze da poco acquisite nel campo dell'alimentazione ci consentono dunque di guardare piú a fondo nella dinamica del basso Medioevo. Mentre i legumi disponibili nell'Europa medioevale non erano, da soli, in grado di fornire la serie completa degli amminoacidi biologicamente necessari, per una fortunata coincidenza le piccole quantità di proteine che si trovano nei cereali comuni erano l'esatto complemento dietetico a quelle che si trovano nei legumi, e particolarmente nei piselli di campo.[193] Non è soltanto la nuova quantità di cibo prodotto dal miglioramento dei metodi agricoli, ma è anche il nuovo tipo di cibo[194] che permette di spiegare, almeno per l'Europa settentrio-

nale,[195] l'inizio dell'espansione demografica, il crescere ed il moltiplicarsi delle città, l'incremento della produzione industriale, il diffondersi del commercio, il nuovo senso della vita che animava quell'epoca. Dal X secolo in poi il Medioevo fu straripante d'energia.[196]

IV. Lo spostamento a nord del centro di gravità dell'Europa

Nel 1937 apparve postumo il capolavoro dello storico belga Henri Pirenne, *Mahomet et Charlemagne*.[197] Da allora quest'opera è stata al centro delle discussioni di storia economica del Mediterraneo dal v al x secolo. Secondo Pirenne il mondo romano d'Occidente non «cadde», ma si disintegrò lentamente. Fino al 700 circa, nonostante il caos politico, venne preservata l'unità sostanziale del Mediterraneo. I mercanti levantini continuarono a trafficare fin nel regno merovingico, e questo commercio può ben essere rimasto attivo come nei tempi piú antichi e piú felici. Ma nel VII secolo il sorgere dell'Islam spezzò l'unità già smembrata del Mediterraneo. I contatti commerciali con l'Est vennero troncati, e nell'VIII secolo la conquista della Spagna visigotica da parte dei musulmani lasciò il re dei Franchi quale unica potenza di rilievo in ciò che era rimasto dell'Occidente latino. Tagliato fuori dalle grandi correnti della vita mediterranea che continuava, il regno franco si rinchiuse in se stesso e divenne il nucleo di una nuova civiltà. La rottura da parte dell'Islam dell'unità culturale e commerciale mediterranea fu, secondo il Pirenne, «il fatto piú essenziale che sia avvenuto nella storia dell'Europa dal tempo delle guerre puniche. È la fine della tradizione antica e il principio del Medioevo... Senza Maometto Carlomagno è inconcepibile».[198]

Nessun'altra opera di storia del nostro secolo ha provocato una cosí

straordinaria esplosione di ricerche, per lo piú condotte per confutarla. I critici hanno ora distrutto fin nei particolari la tesi del Pirenne;[199] il commercio mediterraneo aveva subito un lungo e costante declino; la conquista islamica non chiuse il Mediterraneo al magro commercio che ancora esisteva fra Oriente ed Occidente; gli storici dell'economia non possono tracciare un taglio netto fra l'epoca merovingica e quella carolingia per quanto riguarda i contatti con l'Est.

Ma queste discussioni hanno portato fuori strada: la spiegazione del Pirenne è stata fatta a pezzi, ma ciò che egli aveva tentato di spiegare non è ancora stato chiarito in altro modo. L'osservazione dalla quale egli era partito era lo spostamento del centro di gravità dell'Europa, nell'epoca carolingia, dal sud al nord, dalle terre classiche del Mediterraneo alle grandi pianure alluvionali della Loira, della Senna, del Reno, dell'Elba, del Danubio superiore e del Tamigi. Le terre dell'olivo e della vite rimasero vigorose e creative, ma chi può mettere in dubbio che, eccetto brevi periodi, dal IX secolo ai nostri giorni il cuore della civiltà europea sia stato a nord delle Alpi e della Loira? Anche se la risposta del Pirenne è stata respinta, il problema rimane.

Una soluzione piú sicura del problema storico dello spostamento del centro di gravità dell'Europa dal sud al nord va cercata nella rivoluzione agraria dell'alto Medioevo. All'inizio del IX secolo tutti i principali fattori di questa rivoluzione erano stati messi a punto: l'aratro pesante, i campi aperti, la bardatura moderna, la rotazione triennale – tutto eccetto i ferri da cavallo, che appaiono un secolo piú tardi. Certamente il passaggio al sistema di rotazione triennale segnò un tale assalto alle proprietà contadine esistenti che la sua diffusione al di fuori delle terre propriamente franche fu lenta: ma il fatto che Carlomagno ribattezzasse i mesi indica quale importanza il nuovo ciclo agricolo avesse nella sua mente. Possiamo ritenere per certo che l'aumento della produttività fu anche ai suoi tempi uno dei maggiori stimoli per il nord.

La rivoluzione agraria dell'alto Medioevo si limitò alle pianure settentrionali, dove l'aratro pesante era adatto ai terreni piú ricchi, dove le piogge estive permettevano vaste semine primaverili, e dove l'avena

del raccolto estivo nutriva i cavalli che tiravano gli aratri pesanti. In queste pianure ebbero origine i caratteri distintivi del mondo tardo medioevale e di quello moderno. L'aumentato rendimento del lavoro rialzò il tenore di vita del contadino settentrionale, ed aumentò quindi, la possibilità di comprare manufatti. Esso fornì quell'eccedenza alimentare che, dal x secolo in poi, permise un rapido inurbamento. Nelle nuove città sorse una classe di artigiani specializzati e di mercanti, i borghesi, che rapidamente presero il controllo delle loro comunità e crearono un nuovo e caratteristico sistema di vita, il capitalismo democratico. Ed in questo nuovo ambiente sorse la caratteristica dominante del mondo moderno: la tecnologia dell'energia.

Note

1. F. Martini, *Das Bauerntum im deutschen Schrifttum von den Anfängen bis zum 16. Jahrhundert*, Halle 1944, analizza, specialmente pp. 390-3, i piú antichi elementi che entrano nel «tipo» moderno del contadino quali emergono dalle opere dei poeti e dei predicatori medioevali. Da un lato il contadino è ottuso, grottesco, a volte pericoloso; dall'altro è un lavoratore solerte, attaccato alle buone vecchie tradizioni, è colui che fornisce il cibo per l'umanità, ed è lodato da Dio per la sua umiltà. Quando si analizza la realtà e non i racconti della vita rurale, essa appare non meno caleidoscopica di qualsiasi altra forma di attività umana; cfr. C. Parain, *La Notion de régime agraire*, «Mois d'ethnographie française», IV (1950), p. 99, e *Les Anciennes techniques agricoles*, «Revue de synthèse», LXXVIII (1957), p. 326.

2. Ad esempio, A. Dopsch, *Die Herausgabe von Quellen zur Agrargeschichte des Mittelalters: ein Arbeitsprogram*, in *Verfassungs-und Wirtschaftsgeschichte des Mittelalters*, Wien 1928, pp. 516-42, dà il massimo rilievo ai problemi giuridici ed istituzionali.

3. La documentazione è frammentaria, ma il fatto essenziale sembra chiaro; cfr. L. Beck, *Geschichte des Eisens*, Brunswick 1884, I, pp. 730-7; A. R. Lewis, *The Northern Seas: Shipping and Commerce in Northern Europe, A. D. 300-1100*, Princeton 1958, pp. 196-7. Nell'VIII e nel IX secolo le tecniche di produzione di massa di oreficeria a basso prezzo, messe a punto nel VII secolo (cfr. E. Salin, *La Civilisation mérovingienne, III: Les Techniques*, Paris 1957, pp. 196, 202) furono applicate nella Renania alla manifattura di grandi quantità di spade, in parte esportate verso Oriente, dove erano molto apprezzate; *ibid.*, pp. 97, 105-7, 111-12, 196; A. Zeki-Validi, *Die Schwerter der Germanen nach arabischen Berichten des 9.-11. Jahrhunderts*, «Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft», XC (1936), pp. 19-37. Secondo H. H. Coghlan, *A note upon iron as a material for the Celtic sword*, «Sibrium», III (1956-7), p. 132: «Secondo i documenti oggi disponibili sembrerebbe che l'arte di temprare con buoni risultati appartiene ad un periodo piú tardo di quello romano.»

4. «O ferrum! heu ferrum!», *Gesta Karoli*, II, 17, ed. H. Pertz, in *MGH*, *Scriptores*, II (1829), p. 760.

5. Ad esempio G. Duby, *La Révolution agricole médiévale*, «Revue de géo-

graphie de Lyon», XXIX (1954), pp. 361, 364; H. Mottek, *Wirtschaftsgeschichte Deutschlands*, Berlin 1957, p. 68.

6. Duby, *op. cit.*, p. 363.

7. A. Meitzen, *Siedlung und Agrarwesen der Westgermanen und Ostgermanen, der Kelten, Römer, Finnen und Slaven*, Berlin 1895, I, pp. 272-84.

8. M. Bloch, *Les Caractères originaux de l'histoire rurale française*, Oslo 1931, ristampato, Paris 1955, con un volume aggiuntivo (1956) nel quale i commenti e le modifiche successivamente apportati dal Bloch sono raccolti da R. Dauvergne.

9. Plinio, *Naturalis historia*, XVIII, 18, ed. C. Mayhoff, Leipzig 1882, III, p. 189.

10. *Ed. cit.*, III, p. 190.

11. Proposto per la prima volta da G. Baist, *Ploum-plaumorati*, «Archiv für lateinische Lexikographie und Grammatik», III (1886), pp. 285-6.

12. E. Juillard e A. Meynier, *Die Agrarlandschaft in Frankreich: Forschungsergebnisse der letzten zwanzig Jahre*, Regensburg 1955, pp. 10-12.

13. F. G. Payne, *The plough in ancient Britain*, «Archaeological Journal», CIV (1947), p. 93, tav. VII*a*.

14. F. G. Payne, *The British plough*, «Agricultural History Review», V (1957), pp. 75-76; A. Steensberg, *Northwest European plough-types of pre-historic times and the Middle Ages*, «Acta Archaeologica» (Köbenhavn), VII (1936), p. 258; P. V. Glob, *Plows of the Dorstrup type found in Denmark, ibid.*, XVI (1945), pp. 97, 104; A. G. Haudricourt e M. J. B. Delamarre, *L'Homme et la charrue*, Paris 1955, p. 98

15. B. Bratanič, *On the antiquity of the one-sided plough in Europe, especially among the Slavic peoples*, «Laos», II (1952), pp. 52-53, fig. 4; Haudricourt e Delamarre, *op. cit.*, pp. 111-112.

16. *Georgica*, I, 174. Dal momento che i ritrovamenti piú recenti ne sono privi, A. S. F. Gow, *The ancient plow*, «Journal of Hellenic Studies», XXXIV (1914), p. 274, ha affermato che non si poteva trattare di un aratro con ruote. Una tale identificazione è però proposta da Servio, il grande commentatore di Virgilio, all'inizio del V secolo, quando l'aratro con ruote era in uso in quella regione; cfr. *Servii grammatici qui feruntur in Vergilii Bucolica et Georgica commentarii*, ed. C. Thilo, Leipzig 1887, III, I, 173: «*Currus* autem dixit propter morem provinciae suae, in qua aratra habent rotas, quibus iuvantur.»

17. E. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs, statues, et bustes de la Gaule romaine*, IV, Paris 1911, n. 3245; R. Lefebvre des Noëttes, *L'Attelage et le cheval de selle à travers les âges*, Paris 1931, p. 85. C. Bicknell, *The Prehistoric Rock Engravings in the Italian Maritime Alps*, Bordighera 1902, mostra rozzi petroglifi dell'età del branzo che sembrano rappresentare tiri da aratro di 3, 4, 5 e 6 buoi; cfr. P. V. Glob, *Plough carvings in the Val Camonica*, «Kuml» (1954), pp. 15-17; E. G. Anati, *Rock engravings in the Italian Alps*, «Archaeology», XI (1958), pp. 30-39, che distingue quattro periodi, l'ultimo protoetrusco. F. G. Payne, in «Archaeological Journal», CIV (1947), p. 84, accetta che uno di questi rappresenti un aratro tirato da sei buoi; ma J G. D. Clark, *Prehistoric Europe, the Economic Basis*, London 1952, pp. 101-2, sottolinea come questi tiri da 3 e 5 buoi siano impossibili da un punto di vista tecnico, e ritiene che quelli che appaiono come aratri tirati da 4 o 6 tiri possano illustrare semplicemente due o tre aratri con tiri a due buoi che lavorano vicini, come in un modello di Cipro dell'età di bronzo; cfr. la tav. VI*b* da lui riportata.

18. R. C. Rudolph, *Han Tomb Art in Western China*, Los Angeles 1951, pp. 33-34, tav. 84.

19. *Atharva-Veda*, VI, 91, 1, trad. M. Bloomfield, Oxford 1897, p. 40; cfr. H. Zimmer, *Altindisches Leben: die Cultur der vedischen Arier*, Berlin 1879, p.

237; J. Bloch, *La Charrue védique*, «Bulletin of the School of Oriental Studies», VIII (1936), pp. 411-12. Haudricourt e Delamarre, *op. cit.*, p. 171, sospettano che i passi vedici, e I Re, XIX, 19, si riferiscano a piú aratri operanti successivamente piuttosto che a piú gioghi di un solo aratro. A. K. Y. U. Aiyer, *Agriculture and Allied Arts in Vedic India*, Bangalore 1949, p. 14, cita lo *Yajur Veda*, 189, 20: «Possa la lama appuntita tagliare il suolo e spingere la terra arata su ambo i lati del solco», frase che indica l'aratro semplice. Nonostante la credenza indiana ortodossa, che vorrebbe che i testi dei Veda siano stati trasmessi inalterati da epoca antichissima, sarebbe avventato, al punto a cui è giunta l'indianistica, accettare la tesi che ciascun passo risalga agli antichi ari.

20. A. Steensberg, *op. cit.*, pp. 253-5; G. Hatt, *L'Agriculture préhistorique de Danemark*, «Revue de synthèse», XVII (1939), p. 89; ma cfr. *History of Technology*, ed. C. Singer, II (1956), p. 87, nota 1, fig. 47, e trad. it., Torino 1962. Vi sono stati dubbi sempre maggiori sulla datazione, basata sull'analisi pollinica, di questo aratro all'inizio dell'età del ferro: esso può essere caduto o essere stato gettato nella palude per motivi sacrificali; cfr. Clark, *op cit.*, p. 106; Bratanič, *op. cit.*, p. 52; S. Gasiorowski, *Some remarks on the wheel plow of Late Antiquity and the Middle Ages*, «Kwartalnik historii kulturny materialnej», II (1954), pp. 835-6; Haudricourt e Delamarre, *op. cit.*, pp. 351-2. Tuttavia G. Mildenberger, *Der Pflug im vorgeschichtlichen Europa*, «Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Leipzig», V (1951-2), pp. 70-73, accetta ancora sia le ruote che la datazione, sottolineando, tuttavia, che tutti i ritrovamenti di aratri dello Jutland provengono probabilmente da seppellimenti di offerte sacrificali; cfr. anche B. Brentjes, *Untersuchungen zur Geschichte des Pfluges*, «Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle-Wittenberg», III (1952-3) p. 398.

21. J. B. P. Karslake, *Plough coulters from Silchester*, «Antiquaries Journal», XIII (1933), pp. 455-63; R. G. Collingwood, *Roman Britain*, in *An Economic Survey of Ancient Rome*, a cura di T. Frank, Baltimore 1937, pp. 74, 77-78.

22. J. Dias, *Die portuguesischen und spanischen Pflüge*, «Laos», I (1951), p. 130, fig. 12; cfr. pp. 132-3.

23. Payne, in «Archaeological Journal», CIV, p. 97.

24. R. Lennard, *From Roman Britain to Anglo-Saxon England*, in *Wirtschaft und Kultur: Festschrift A. Dopsch*, Baden bei Wien 1938, pp. 69-70; Payne, *op. cit.*, pp. 92, 96.

25. Haudricourt e Delamarre, *op. cit.*, pp. 108-10.

26. P. Kjaerum, *Criss-cross furrows: plough furrows under a Stone Age barrow in Jutland*, «Kuml» (1954), p. 28.

27. G. Hatt, *Oltdtidsagre*, Köbenhavn 1949, pp. 156-7; K. Wührer, *Die agrargeschichtliche Forschung in Skandinavien zeit 1945*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», V (1957), p. 77; D. Hannerberg, *Die Parzellierung vorgeschichtlicher Kammerfluren und deren späterer Neuparzellierung durch «Bolskifte» und «Solskifte»*, ibidem, VI (1958), p. 26.

28. E. Jutikkala, *How the open fields came to be divided into numerous selions*, «Sitzungsberichte der Finnischen Akademie der Wissenschaften», 1952, p. 140.

29. A. Latron, *La Vie rurale en Syrie et au Liban*, Beirut 1936, p. 20.

30. M. LeLannou, *Sur les origines de l'openfield*, in *Livre jubilaire offert à Maurice Zimmermann*, Lyon 1949, pp. 111-18.

31. O Schmieder, *The Settlements of the Zapotec and the Mije Indians, State of Oaxaca, Mexico*, Berkeley 1930, pp. 27-29, fig. 3; p. 82, cartina 2.

32. Hatt, *Oldtidsagre*, p. 166.

33. L. Aufrère, *Les Systèmes agraires dans les Isles Britanniques*, «Annales de géographie», XLIV (1935), p. 398, fig. 5; J. D. M. Stuart e J. M. Birkbeck, *A*

Celtic village on Twyford Down, « Proceedings of the Hampshire Field Club and Archaeological Society», XIII (1938), pp. 188-200; O. G. S. Crawford, *Archaeology in the Field*, London 1953, pp. 206-7, fig. 37.

34. H. Mortensen, *Die mittelalterliche deutsche Kulturlandschaft und ihr Verhältnis zur Gegenwart*, «Vierteljahrschrift für Sozial-und Wirtschaftsgeschichte», XLV (1958), p. 30.

35. J. Tricart e M. Rochefort, *Le Problème du champ allongé*, «Comptes rendus du Congrès International de Géographie, Lisbonne 1949», III, 1951, pp. 495-6; E. Otremba, *Die Entwicklungsgeschichte der Fluren im oberdeutschen Altsiedelland*, «Berichte zur deutschen Landeskunde», IX (1951), pp. 371, 378; H. L. Gray, *English Field Systems*, Cambridge, Mass., 1915; pp. 272-304; D. C. Douglas, *Social Structure of East Anglia*, Oxford 1927, pp. 205-6.

36. E. Kerridge, *Ridge and furrow and agrarian history*, «Economic History Review», seconda serie, IV (1951), pp. 18-19.

37. H. Mortensen e K. Scharlau, *Die siedlungskundliche Wert der Kartierung von Wüstungsfluren*, «Nachrichten der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Phil.-hist. Kl.» (1949), p. 328; H. Jäger, *Zur Wüstungs- und Kulturlandschaftsforschung*, «Erdkunde», VIII (1954), p. 303; Kerridge, *op. cit.*, pp. 14-36. In un accurato studio locale di campi fossili W. R. Mead, *Ridge and furrow in Buckinghamshire*, «Geographical Journal», CXX (1954), pp. 35-38, ha trovato che in località diverse la differenza fra colmo e solco varia da 3 piedi a pochi pollici, e che l'ampiezza delle strisce varia entro le 14 yarde: non è tuttavia riuscito a trovare una correlazione fra queste misure ed il tipo di suolo. R. Aitken, *Ridge and furrow*, ibidem, p. 260, sottolinea come, presto o tardi, i contadini dovevano mutare il metodo di aratura della striscia per impedire che essa divenisse troppo alta, e che quindi i rilievi di un campo fossile danno solo la misura delle condizioni in cui esso si trovava al momento dell'abbandono. Si può tuttavia essere quasi certi che, mentre i terreni aridi non venivano in genere arati profondamente, i terreni acquosi lo erano in relazione alle esigenze di drenaggio; ad esempio in alcuni territori bassi della Scozia vi era una differenza di 3 piedi fra il colmo ed il solco di strisce larghe 30-40 piedi; cfr. A. Birnie, *Ridge cultivation in Scotland*, «Scottish Historical Review», XXIV (1927), p. 195.

38. H. Mortensen, *Neue Beobachtungen über Wüstungs-Bandfluren und ihre Bedeutung für die mittelalterliche deutsche Kulturlandschaft*, «Berichte zur deutschen Landeskunde», X (1951), p. 354. Il Mortensen, p. 355, suggerisce come uno dei motivi del declino, nel basso Medioevo, della coltivazione a colmi e solchi possa essere stato lo sviluppo di piú soddisfacenti metodi di fertilizzazione come marnare, zollare e un piú largo uso del letame. Virgilio aveva raccomandato ai contadini di spargere la cenere sui campi; cfr. P. Juon, *Düngung in der Urzeit*, «Agrarpolitische revue», VI (1949-50), p. 376. Sia l'avvicendamento biennale, sia quello triennale, assicurando il regolare pascolo del bestiame sul terreno arativo, aumentavano la concimazione; mentre l'aumento dei legumi coltivati nella rotazione triennale favoriva la fissazione dell'azoto nel terreno; cfr. sopra, p. 117. Non esiste ancora una adeguata storia della fertilizzazione agricola; cfr. G. Grand, *L'agriculture au moyen âge*, Paris 1950, pp. 260-9 (trad. it., *L'agricoltura nel Medioevo*, Il Saggiatore, Milano 1967).

39. G. Wrede, *Die Langstreifenfluren in Osnabrücker Lande: ein Beitrag zur ältesten Siedlungsgeschichte im frühen Mittelalter*, «Osnabrücker Mitteilungen», LXI (1954), pp. 59-60.

40. P. Brunet, *Problèmes relatifs aux structures agraires dans la Basse-Normandie*, «Annales de Normandie», V (1955), pp. 120-1. Secondo M. de Boüard, *Paysage agraire et problèmes de vocabulaire: le bocage et la plaine dans la Normandie médiévale*, «Revue Historique de droit français et étranger», XXXI (1953),

pp. 327-8, il passaggio dalle proprietà separate ai campi aperti non avviene, in Normandia, prima del XIII secolo.

41. Payne, «Archaeological Journal», CIV, p. 97, tav. VIII; *History of Technology*, ed. Singer, II (1956), fig. 49.

42. F. Harrison, *Tre crooked plough*, «Classical Journal», XI (1915-16), pp. 323-32.

43. S. Applebaum, *Agriculture in Roman Britain*, «Agricultural History Review», VI (1958), p. 69; Collingwood, *op. cit.*, p. 75.

44. B. Bratanič, *On the antiquity of the one-sided plough in Europe, especially among the Slavic peoples*, «Laos», II (1952), pp. 56-58; cfr. J. Janko, *Ueber Berührung der alten Slaven mit Turko-tataren und Germanen, vom sprachwissenschaftlichen Standpunkt*, «Wörter und Sachen», I (1909), p. 105; M. Bloch, *Champs et villages*, «Annales d'histoire économique et sociale», VI (1934), p. 475.

45. *Oxford English Dictionary*, s. v. «plough»; cfr. H. Schneider, *Germanische Altertumskunde*, 2ª ed., München 1951, p. 92. Il tentativo di E. Werth, *Grabstock, Hacke und Pflug*, Ludwigsburg 1954, pp. 193-4, di dimostrare che l'aratro a ruote ebbe origine nella Germania meridionale, fondandosi sul fatto che esso appare in tempi moderni ad est, ovest e nord, non approda ad alcun risultato.

46. Cfr. B. P. Lozinski in «Speculum», XXXIII (1958), p. 420.

47. Per un ritrovamento a Szilágy-Serulyo cfr. A. Bashmakoff, *L'évolution de la charrue à travers les siècles au point de vue ethnographique*, «L'anthropologie», XLII (1932), p. 86.

48. *Oxford English Dictionary*, loc. cit.; W. Mitzka, *Pflügen und seine Wortgeographie*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», VI (1958), p. 113.

49. *Oxford English Dictionary*, loc. cit.

50. H. Geffcken, *Lex salica*, Leipzig 1898, p. 139; sulla data cfr. R. Buchner, *Die Rechtsquellen*, suppl. delle *Deutschlands Geschichtsquellen in Mittelalter*, ed. W. Wattenbach e W. Levison, Weimar 1953, p. 17. T. Frings, *Deutsch* Karch «*Wagen*», *französisch* charrue «*Pflug*», «Zeitschrift für Volkskunde», XL (1930), pp. 100-5, presenta ulteriori documenti filologici secondo i quali l'aratro pesante sarebbe stato introdotto nella Germania meridionale ed occidentale in epoca franca.

51. Cfr. sopra, nota 11.

52. *Edictus Rotharii*, in *MGH*, *Leges*, IV, p. 69, cap. 288; sulla data cfr. Buchner, *op. cit.*, p. 34. Date le testimonianze slave non si deve prendere sul serio la tesi di L. Franz, *La terra natale dell'aratro a carrello, l'Italia*, «Rivista di scienze preistoriche», V (1950), pp. 95-96, secondo la quale i longobardi avrebbero appreso la parola in Italia.

53. *Lex Alemannorum*, cap. XCVI, § 2: «si carrucam inviolat, aut rumpit rotas primerias»; in un'altra versione si legge: «... rotas de davante», in *MGH*, *Leges*, III, pp. 80 e 116; sulla data cfr. Buchner, *op. cit.*, p. 31.

54. K. Verhein, *Studien zu den Quellen zum Reichsgut der Karolingerzeit*, «Deutsches Archiv für Erforschung des Mittelalters», X (1953-4), pp. 352-5, specialmente nota 229.

55. *Oxford English Dictionary*, loc. cit.

56. *Leechdoms, Wortcunning, and Starcraft of Early England*, ed. O. Cockayne, London 1866, III, p. 286.

57. F. Seebohm, *The English Village Community*, 4ª ed., London 1890, p. 109; Gray, *op. cit.*, pp. 61-62; R. Trow-Smith, *English Husbandry*, London 1951, p. 38, che tuttavia sottolinea, pp. 34-35, come non si conosca nulla sullo sviluppo dell'agricoltura anglosassone; se ne possono solo giudicare i risultati finali: l'Inghilterra del *Domesday Book*, del 1086, è coltivata meglio della Britannia che i romani abbandonarono. Non siamo tuttavia in grado di giudicare esattamente quando, in questo lasso di tempo, si sia compiuto il maggiore passo avanti.

58. W. Kirbis, *Siedlungs-und Flurformen germanischer Länder, besonders Grossbritanniens, im Lichte der deutschen Siedlungsforschun*, «Göttinger geographische Abhandlungen», x (1952), pp. 45-47.

59. *Ibid.*, pp. 29-30.

60. Gray, *English Field Systems*, p. 57, elenca i documenti nei quali sono contenute indicazioni di campi aperti: il primo risale al 904, il secondo al 953; ed in seguito ricorrono frequentemente; cfr. J. M. Kemble, *Codex diplomaticus aevi saxonici*, London 1839-48, nn. 339, 1169.

61. A. Owen, *Ancient Laws and Institutions of Wales*, London 1841, I, p. 153; cfr. F. G. Payne, *The Plough in ancient Britain*, «Archaeological Journal», CIV (1947), pp. 84-85. Mentre in molte zone questo sistema di distribuzione ha finito per cadere in disuso, e i singoli acquistarono titoli permanenti di proprietà su strisce ben precise, in tempi anteriori esso era apparentemente molto diffuso giacché, come sottolinea Trow-Smith, *op. cit.*, p. 46, anche documenti tardi mostrano che la struttura della proprietà in un campo è spesso ripetuta: «le terre di B si trovano sempre fra quelle di A e di C». Nel 1682, nella contea di Westmeath, in Irlanda, le strisce venivano ancora assegnate in base ai contributi dei singoli individui al tiro dell'aratro; cfr. D. McCort, *Infield and outfield in Ireland*, «Economic History Review», seconda serie, VII (1954-55), p. 373.

62. R. Lennard, *The origin of the fiscal carrucate*, «Economic History Review», XIV (1944), p. 58.

63. D. Hannerberg, *Die älternen skandinavischen Ackermasser*, Lund 1955, *passim*, mostra come, analogamente a tutte le altre misure fondiarie di tale tipo, il *bol* finí per perdere ogni rapporto con la sua funzione originaria: a causa della variazione dell'*ell* da 1,5 a 2 piedi, il *bol* divenne di 6 e non piú di 8 *åttingar*.

64. C. Parain, *Travaux récents sur l'histoire rurale de Danemark*, «Annales de Normandie», II (1952), p. 127.

65. A. Steensberg, *Modern research on agrarian history in Denmark*, «Laos», I (1951), p. 198; Parain, *loc. cit.*

66. G. C. Homans, *Terroirs ordonnés et champs orientés: une hypothèse sur le village anglais*, «Annales d'histoire économique et sociale», VIII (1936), pp. 438-48; cfr. Steensberg, *op. cit.*, p. 195.

67. Lennard, *op. cit.*, p. 62, nota 3.

68. A. M. Bishop, *Assarting and the growth of the open fields*, «Economic History Review», VI (1935), p. 17.

69. La scarsità della popolazione nelle foreste della Polonia e nelle pianure dell'Ungheria può essere spiegata con il fatto che l'agricoltura dell'aratro non prosperava ancora nel IX secolo in Polonia, mentre non vi sono documenti su aratri pesanti in Ungheria prima dell'XI secolo; cfr. W. Hensel, *Agriculture of the Slavs in Poland in the early Middle Ages*, «Sprawozdania Panstwowe Museum Archaeologicniego» (Warszawa), IV, 3 (1951), p. 45; M. Belényesi, *Die Grundfragen der Entwicklung des Ackerbaues im XIV. Jahrundert*, «Ethnographia», LXV (1954), p. 415.

70. Il fatto che nessuna raffigurazione medioevale mostri un aratro trainato da piú di quattro buoi ha indotto alcuni studiosi a considerare l'aratro ad otto buoi una invenzione. Considerato, tuttavia, il fatto che spesso gli aratri venivano trainati da tiri piú o meno numerosi, e inoltre la diffusa divisione dell'unità di terreno arato in otto parti, e la curva ad S inversa che si incontra in tante strisce (cfr. sotto nota 75), che è poco comprensibile con un numero di coppie minore di 4, tutto ciò fa ritenere che probabilmente l'aratro ad otto buoi era comune nel primo periodo di diffusione dell'aratro pesante.

71. F. Steinbach, *Geschichtliche Siedlungsformen in der Rheinprovinz*, «Zeitschrift des Rheinischen Vereins für Denkmalspflege und Heimatschutz», XXX,

2 (1937), p. 19; L. Franz, *Zur Bevölkerungsgeschichte des frühen Mittelalters*, «Deutsches Archiv für Landes- und Volksforschung», II (1938), pp. 404-16; F. Firbas, *Spät-und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen*, Jena 1949, I, p. 366; H. Dannenbauer, *Bevölkerung und Besiedlung Alemanniens in der fränkischen Zeit*, «Zeitschrift für württembergische Landesgeschichte», XIII (1954), pp. 13-14; A. Timm, *Studien zur Siedlungs-und Agrargeschichte Mitteldeutschlands*, Köln 1956, pp. 17-18; J. C. Russell, *Late ancient and medieval population*, «Transactions of the American Philosophical Society», XLVIII, 3 (1958), pp. 42, 140.

72. H. Mortensen, *Die mittelalterliche deutsche Kulturlandschaft und ihr Verhältnis zur Gegenwart*, «Vierteljahrschrift für Sozial-und Wirtschaftsgeschichte», XLV (1958) pp. 31-32.

73. H. Stoll, *Bevölkerungszahlen aus frühgeschichtliche Zeit*, «Die Welt als Geschichte», VIII (1942), p. 72.

74. In questo settore si sono fatti pochi progressi dopo la classica opera di C. Frank, *Die Hochäcker*, Kaufbeuren 1912, compendiata in C. Frank, *Forschungen zur Frage der alten Hochäcker: Zusammenfassung und Ergebnisse*, «Deutsche Gaue», XIII (1912), pp. 35-40, che ha mostrato che tutte le coltivazioni a colmi e solchi della Baviera sono post-romane.

75. S. R. Eyre, *The curving plough-strip and its historical implications*, «Agricultural History Review», III (1955), pp. 80-94. K. Scharlau, *S-Formen und umgekehrte S-Formen unter den deutschen und englischen Langstreifenfluren*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», IV (1956), pp. 19-29, offre importanti ulteriori documenti sulla Germania. F. Imberdis, *Le Problème des champs courbes*, «Annales: économies, sociétés, civilisations», VI (1951), pp. 77-81, presenta un problema completamente diverso: i campi nella regione di Langres hanno confini curvati irregolarmente, privi di alcuna spiegazione in termini di topografia, condizioni del suolo o tecniche di aratura.

76. Come esempi recenti dei lavori che stanno gradualmente rettificando il quadro della diffusione dei campi aperti dato dalla mappa contenuta nella pionieristica opera di Gray, *op. cit.*, vedi H. P. R. Finberg, *The open field in Devon*, in W. G. Hoskins e H. P. R. Finberg, *Devonshire Studies*, London 1952, pp. 265-88; A. H. Slee, *The open fields of Braunton*, «Devonshire Association Report and Transactions», LXXXIV (1952), pp. 142-9; V. Chapman, *Open fields in West Cheshire*, «Transactions of the Historic Society of Lancashire and Cheshire», CIV (1952), pp. 35-59; D. Sylvester, *Open fields of Cheshire*, *ibid.*, CVIII (1956), pp. 1-33; R. R. Rawson, *The open field in Flintshire, Devonshire and Cornwall*, «Economic History Review», 2ª serie, VI (1953), pp. 51-54; G. C. Homans, *The rural sociology of medieval England*, «Past and Present», IV (1953), pp. 32-43; A. Harris, *«Land» and ox-gang in the East Riding of Yorkshire*, «Yorkshire Archaeological Journal», XXXVIII (1955), pp. 529-35; W. G. Hoskins, *The Midland Peasant*, London 1957; M. Davis, *Rhosili open fields and related South Wales field patterns*, «Agricultural History Review», IV (1956), pp. 80-96; D. Sylvester, *The common fields of the coastlands of Gwent*, *ibid.*, VI (1958), pp. 9-26. Per l'Irlanda vedi l'opera di J. Otway-Ruthven, *The organization of Anglo-Irish agriculture in the Middle Ages*, «Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland», LXXXI (1951), pp. 1-13; D. McCourt, *Infield and outfield in Ireland*, «Economic History Review», 2ª serie, VII (1954-5), pp. 369-76.

77. Cfr. sopra, nota 30.

78. J. Boussard, *Essai sur le peuplement de la Touraine du Ier au VIIIe siècle*, «Moyen âge», LX (1954), pp. 286-91.

79. Per far fronte alla necessità di foraggio per il bestiame fu messa a punto la falce lunga. A. A. Steensberg, *Ancient Harvesting Implements*, Köbenhavn 1943,

pp. 225-49, mostra che (forse perché un peggioramento del clima rese necessario tenere il bestiame nelle stalle per un periodo piú lungo) le falci a manico lungo cominciarono ad essere impiegate nell'Europa settentrionale in epoca romana per la raccolta del fieno: la mietitura veniva invece effettuata con falcetti. Intorno al IX secolo le falci lunghe cominciarono a divenire piú comuni, e la loro efficienza venne aumentata dall'aggiunta di prese laterali lungo il manico. A. Timm, *Zur Geschichte der Erntegeräte*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», IV (1956), p. 30, collega la diffusione della falce lunga con la pressione demografica nell'alto Medioevo, con il diboscamento e con l'aumento del bestiame allevato nelle stalle. Carlomagno mutò il nome di luglio in *Hewimânoth* o «mese della fienagione» (cfr. sotto, nota 81) ed in un calendario illustrato anteriore all'830 esso è personificato con una falce, mentre agosto, «il mese della mietitura», porta un falcetto; cfr. H. Stern, *Poésies et représentations carolingiennes et byzantines des mois*, «Revue archéologique», XLVI (1955), pp. 143, fig. 1; 146. Data l'ambiguità della documentazione romana sulla falce a manico lungo, la sua assenza dall'area bizantina e la totale assenza di esempi merovingici sono elementi importanti per giudicare la sua diffusione, J. Le Gall, *Les «falces» et la «faux»*, in *Études d'archéologie classique, II*, «Annales de l'Est», n. 22 (1959), pp. 55-72, si domanda se essa era conosciuta, a sud della penisola scandinava, prima del IX secolo.

80. H. Mortensen, *Zur Entstehung der Gewannflur*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», III (1955), pp. 38-41. W. Abel, *Agrarpolitik*, 2ª ed., Göttingen 1958, pp. 144-45, sottolinea i numerosi vantaggi di riunire sotto controllo collettivo le diverse forze individuali nella conduzione dell'aratro pesante e di campi comuni.

81. Eginardo, *Vita Karoli magni*, c. 29, ed. H. Pertz, *MGH, Scriptores*, II (1829), p. 458: «Junium Brachmanoth, Julium Heuvimanoth, Augustum Aranmanoth.»

82. J. C. Webster, *The Labors of the Months in Antique and Mediaeval Art to the End of the Twelfth Century*, Evanston 1938; cfr. M. Schapiro in «Speculum», XVI (1941), pp. 131-7; ed anche H. Stern, *Le Calendrier de 354: étude sur son texte et sur les illustrations*, Paris 1953, pp. 356-7, ed il suo magistrale *Poésies et représentations* (cfr. sopra, nota 79) specialmente pp. 164-6; N. E. Enkvist, *The Seasons of the Year: Chapters on a Motif from Beowulf to the Shepherd's Calendar*, Helsinki 1957, pp. 46-47.

83. Stern, *Poésies*, p. 166.

84. L. Palmer, *Feet and shoeing*, in *In My Opinion*, ed. W. E. Lyon, London 1928, p. 283.

85. *Dictionnaire d'archéologie chrétienne et de liturgie*, IV (1924), col. 2056. G. Carnot, *Le Fer à cheval à travers l'histoire et l'archéologie*, Paris 1951, passa in rassegna la documentazione antica, e non lo convincono esempi anteriori al IX-X secolo. Da allora M. Hell, *Weitere keltische Hufeisen aus Salzburg und Umgebung*, «Archaeologia austriaca», XII (1953), pp. 44-49, e H. E. Mandera, *Sind die Hufeisen der Saalburg römisch?*, «Saalburg-Jahrbuch», XV (1956), pp. 29-37, difende una datazione antica, mentre L. Armand-Caillat, *Les Origines de la ferrure à clous*, «Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est», III (1952), pp. 32-36; P. Lebel, *La Ferrure à clous des chevaux*, ibid., pp. 178-81; F. Franz, *Kannten die Römer Hufeisen?*, «Der Schlern», XXVII (1955), p. 425, e M. U. Kasparek, *Stand der Forschung über den Hufbeschlag des Pferdes*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», VI (1958), pp. 38-43 sono concordi su una datazione al IX-X secolo.

86. R. E. M. Wheeler, *Maiden Castle, Dorset*, «Reports of the Society of Antiquaries of London», XII (1943), p. 290, tav. 30 B.

87. Nonostante quanto sostiene la *History of Technology*, ed. C. Singer, II (1956), p. 561, e trad. it. cit., p. 569, Catullo, 17, v. 26 si riferisce a una *solea* e non ad un ferro; cfr. R. Ellis, *Commentary on Catullus*, 2ª ed., Oxford 1889, p. 66.

88. P. E. Schramm, *Die zeitgenössischen Bildnisse Karls des Grossen*, Leipzig 1928, p. 36.

89. «Primo quidem pluviarum inundantia plurimarum; deinde humectationem terrae glatiali astringente rigore, quae adeo noxia fuit, ut subtritis pedibus equinis, rarus quisque foret qui vectatione equorum uteretur» (*Vita Hludouici imperatoris*, cap. 47, ed. G. H. Pertz, in *MGH, Scriptores*, II, 1829, p. 635.

90. K. M. Kurtz, *Die alemannischen Grabfunde von Pfalheim*, «Mitteilungen des Germanischen Nationalmuseums, Nürnberg», I, 2 (1884-6), p. 171; cfr. W. Veeck, *Die Alamannen in Württemberg*, Berlin 1931, I, p. 166.

91. R. Girshman, in «Artibus Asiae», XIV (1951), p. 187.

92. *Leonis imperatoris Tactica*, V, 3, ed. R. Vári, Budapest 1917, I, p. 92: «πέδικλα σεληναῖα σιδηρᾶ μετὰ καρφίων αὐτῶν». Anche l'appendice del libro I del *De cerimoniis* di Costantino Porfirogenito (m. 957) li menziona; cfr. *Patrologia graeca*, ed. J. P. Migne, CXII, col. 852. Ma A. Vogt, *Livre des cerémonies*, Paris 1935, I, p. XVII, sospetta che queste appendici siano state aggiunte successivamente.

93. *Waltharius*, ed. K. Strecker in *MGH, Poetae aevi carolini*, VI, fasc. 1 (1951), v. 1203; per la data cfr. F. J. E. Raby, *History of Secular Latin Poetry in the Middle Ages*, 2ª ed., Oxford 1957, I, p. 263.

94. Cap. 29, ed. G. Waitz, *MGH, Scriptores*, IV (1894), p. 424.

95. *Vita Matildis, scripta a Donizone presbytero*, cap. 10, ed. L. Simonei, in *Rerum Italicarum Scriptores*, nuova edizione, Bologna 1930, p. 33.

96. *Herefordshire Domesday, c. 1160-1170*, ed. V. H. Galbraith e J. Tait, London 1950, p. 2. Anche se compilato un secolo piú tardi, questo documento registra le prestazioni esistenti sotto Edoardo II.

97. R. Lefebvre des Noëttes, *L'attelage et le cheval de selle à travers les âges*, Paris 1931, fig. 448; la datazione delle miniature riprodotte nelle figure 190, 191 e 446 è errata. Per la data della fig. 448, cfr. R. Stettiner, *Die illustrierte Prudentius Handschriften*, Berlin 1895, p. 130; K. Katzenellenbogen, *Allegories of the Virtues and Vices in Mediaeval Art*, London 1939, p. 4.

98. La tarda antichità ha visto, tuttavia, un progresso con l'invenzione del giogo da corna, il primo esempio del quale proviene dall'Irlanda, ma non è esattamente databile; cfr. W. Jacobeit, *Ein Eisenzeitliches Joch aus Nordirland*, «Ethnographisch-archaeologische Forschungen», I (1953), pp. 95-97; cfr. *Cambridge Economic History of Europe*, ed. J. H. Clapham e E. Power, I, Cambridge 1941, p. 134.

99. *L'attelage et le cheval de selle à travers les âges*, Paris 1931, p. 159, mostra che una coppia di cavalli o di muli, che dovrebbe tirare da 1980 a 2480 kg, può tirare solo 492 kg circa con una bardatura antica. A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed., Cambridge, Mass., 1954, p. 157, conclude, sulla base di tabelle della fine del secolo scorso relative al lavoro che ci si aspettava che compissero in genere gli animali, che «l'efficienza netta degli animali bardati non era, nell'antichità, superiore ad un terzo di quella che ci si attenderebbe oggi». Egli aggiunge, tuttavia, che «i valori delle tabelle moderne sono considerevolmente bassi», e che l'affermazione «che nell'antichità gli animali raggiungessero solo un terzo della resa che si attende oggi in realtà è approssimata piú per difetto che per eccesso». Possiamo dunque accettare le stime di Lefebvre des Noëttes come piuttosto vicine alla realtà. A. Burford, *Heavy transport in classical Antiquity*, «Economic History Review», II serie, XIII (1960), pp. 1-18, sottolinea

l'inadeguatezza della bardatura da cavallo dell'antichità, ma mette correttamente in rilievo il fatto che, nonostante questa relativa inefficienza, gli antichi raggiungevano grandi risultati impiegando i buoi.

100. H. Schäfer, *Altaegyptische Pflüge, Joche und andere landwirtschaftliche Geräte*, «Annual of the British school at Athens», x (1903-4), p. 133, fig. 8, mostra un rilievo del tempo di Amenofi IV con un aratro tirato da due onagri, ed a p. 135, nota 1, cita un racconto del tempo del Regno Nuovo che parla di cavalli e di aratri. P. V. Glob, *Plough carvings in the Val Camonica*, «Kuml» 1954, pp. 7-8, 16, figg. 1, 2, mostra un graffito, grezzo ma distinto, di due muli o cavalli che tirano un aratro semplice, databile intorno al 1000 a. C.; cfr. E. Anati, *Prehistoric art in the Alps*, «Scientific American», CCII (1960), p. 54. La rarità di queste eccezioni sottolinea il fatto che l'impiego dei cavalli per la lavorazione dei campi è stata un'innovazione medioevale. A. K. Y. U. Aiyer, *Agriculture and Allied Arts in Vedic India*, Bangalore 1949, p. 15, ritiene che i cavalli fossero usati per l'aratura nell'antica India sulla base del *Rigveda*, x, 9, 2, 3, 5, 7: «Sistema la mangiatoia per il bestiame, legavi le corregge, e traiamo l'acqua dal pozzo, che non si asciugherà facilmente. Appaga i cavalli, termina il buon lavoro dell'aratura.» Questa non è, tuttavia, che un'enumerazione di compiti.

101. Ad esempio, per la Gallia cfr. Espérandieu, *Recueil*, nn. 4031, 7685, 7725; H. Dragendorff e E. Krüger, *Das Grabmal von Igel*, Trier 1924, tav. 12, 1.

102. G. Behrens, *Die sogenannten Mithras-Symbole*, «Germania», XXIII (1939), p. 57, fig. 6.

103. A. Dauber, *Römische Holzfunde aus Pforzheim*, *ibid.*, XXVIII (1944-50), pp. 230-4; W. Jacobeit, *Zur Rekonstruktion der Anschirrweise am Pforzheimer Joch*, *ibid.*, XXX (1952), pp. 205-7.

104. G. Calza e G. Becatti, *Ostia*, 4ª ed., Roma 1957, pp. 22; 65, fig. 5. Due rappresentazioni superstiti della fine del II secolo o dell'inizio del III mostrano una trebbiatrice celtica spinta da un cavallo, od un mulo, fra due stanghe, ma la bardatura non può essere giudicata in dettaglio; cfr. M. Renard, *Technique et agriculture en pays trévire et remois*, «Latomus», XVIII (1959), p. 91, fig. 7; tavv. XVI 1; XVII 1; J. Mertens, *Eine antike Mähmaschine*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», VII (1959), pp. 1-3.

105. W. Holmqvist, *Germanic art during the first millennium A. D.*, «Kungl. Vitterhets, Histoire och Antikvitets Akademiens Handlingar», XC (1955), fig. 134. Sulla base del materiale di Oseberg, R. Grand, *Vues sur l'origine de l'attelage moderne*, «Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France», XXXIII (1947), p. 706, ed in «Bulletin de la Société Nationale des Antiquaires de France» (1947), p. 259, suggerisce un'origine scandinava della bardatura moderna.

106. A. G. Haudricourt, *Lumières sur l'attelage moderne*, «Annales d'histoire sociale», VII (1945), pp. 117-18, corregge l'opinione espressa in *De l'origine de l'attelage moderne*, «Annales d'histoire économique et sociale», VIII (1936), pp. 515-22, che *hames* e *Kommut* fossero di origine mongola, e dichiara che provengono dal turco *qom*, *qomit*. Ma W. Jacobeit, *Zur Geschichte der Pferdespannung*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», II (1954), p. 24, fa discendere questi termini da radici indoeuropee. La pretesa di J. Needham, *An archaeological study-tour in China, 1958*, «Antiquity», XXXIII (1959), p. 117, e accettata da Lu Gwei-djen, *Efficient equine harness; the Chinese inventions*, «Physis», II (1960), p. 143, fig. 14, che una pittura del 477-99 d. C. circa, delle grotte dei «mille Buddha, presso Tunhuang, nel Kansu, implichi una bardatura moderna non è sufficientemente documentata: il cavallo è equipaggiato con un giogo da garrese, o con una cinghia fra le stanghe, e una cinghia che gira intorno al collo, in alto, senza alcuna connessione con la trazione. Questa bardatura è senza dubbio molto meno «moderna» di quella del mosaico di Ostia citato sopra, nota 104. Documentazioni

non ambigue di bardature moderne in Cina non si incontrano prima dell'851 d. C.; cfr. *ibid.*, pp. 138-41, figg. 11-13.

107. A. G. Haudricourt e M. J. B. Delamarre, *L'Homme et la charrue à travers le monde*, Paris 1955, pp. 174, 178; Haudricourt, *Contribution à la géographie et l'ethnologie de la voiture*, «Revue de géographie humaine et d'ethnologie», I, 1 (1948), p. 62. Un tipo rudimentale di collare da cavallo, sull'analogia delle bardature delle renne siberiane, che comporta piastre ossee o di corno a forma di T con un buco a ciascuna delle estremità, è stato ricostruito da L. Gyula, *Beiträge zur Volkskunde der Avaren, III*, «Archaeologiai Értesítö», terza serie, III (1942), pp. 341-6, fig. 4 e tav. LVIII. Tali collari si trovano nell'Ungheria e nella Boemia del VII-IX secolo, nell'Ucraina del IX-X secolo, e nella Polonia del X-XI; cfr. J. Zak, *Parties en corne au harnais de cheval*, «Slavia antiqua», III (1942), p. 201, fig. 9.

108. *Op. cit.*, p. 123, figg. 140-42; cfr. *History of Technology*, a cura di C. Singer, II (1956), p. 554, fig. 508, e trad. it., p. 562.

109. Treviri, Biblioteca Civica, Ms. 31, c. 58*r*. Per la data cfr. P. Clemen, *Die romanische Monumentalmalerei in dem Rheinland*, Düsseldorf 1916, I, p. 67; A. Goldschmidt, *Die deutsche Buchmalerei, I: Die karolingische Buchmalerei*, Firenze 1928, p. 50; M. R. James, *The Apocalypse in Art*, London 1931, p. 21; W. Neuss, *Die Apocalypse des Hl. Johannes in der altspanischen und altchristlichen Bibel-illustrationen*, Münster i. W., 1931, p. 249; J. de Borchgrave d'Altena in «Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire, Bruxelles», XVIII (1946), p. 42; H. Swarzenski, *Monuments of Romanesque Art*, London 1954, p. 57. Nell'*Apocalisse di Cambrai* (Biblioteca Municipale, Ms. 386), in diretto rapporto con quella di Treviri, manca il foglio corrispondente; cfr. Neuss, *op. cit.*, p. 262.

110. H. Stolpe e T. J. Årne, *La nécropole de Vendel*, Stockholm 1927, pp. 25, 59, tav. XV, fig. 1; D. Selling, *Wikingerzeitliche und frühmittelalterliche Keramik in Schweden*, Stockholm 1955, p. 127, nota 31. Per ritrovamenti analoghi del X secolo, cfr. Stolpe e Årne, tavv. XVIII, fig. 1; XXIII, fig. 1; XXIV, fig. 1; pp. 34 e 59; P. Poulsen, *Der Stand der Forschung über die Kultur der Wikingerzeit*, «Bericht der Römisch-Germanischen Kommission», XXII (1932), p. 230; J. Brøndsted in «Acta archaeologica» (Köbenhavn), VII (1936), p. 144; H. F. Blunck, *Die nordische Welt*, Berlin 1937, p. 143; P. Poulsen, *Der Goldschatz von Hiddensee*, Leipzig 1936, tav. X, 1. Fuori della Scandinavia non si sono avuti ritrovamenti paragonabili a questi. Gli oggetti, provenienti da tombe longobarde italiane, ed identificati come supporti di un collare di cavallo da N. F. Åberg, *Die Gothen und Langobarden in Italien*, Uppsala 1923, p. 123, fig. 261, sono, piú probabilmente, ornamenti degli arcioni.

111. *King Alfred's Orosius*, ed. H. Sweet, London 1883, I, p. 18; A.S.C. Ross, *The Terfinnas and Bearmas of Ohthere*, Leeds 1940, p. 20.

112. Non ho trovato testimonianza di allevamenti selettivi, destinati specificatamente ai cavalieri anteriori al 1341, quando a Milano il contemporaneo Gualvaneo de la Flamma, *De gestis Azonis vicecomitis*, ed. L. A. Muratori, *Rerum Italicarum scriptores*, XII, Milano 1728, col. 1038, ricorda che «equos emissarios equabus magnis commiscuerunt, et procreati sunt in nostro territorio dextrarii nobiles, qui in magno pretio habentur. Item canes Alanos altae staturae, et mirabilis fortitudinis nutrire studuerunt».

113. Usher, *op. cit.*, p. 156; R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, Leiden 1955, II, p. 83.

114. G. Krafft, *Lehrbuch der Landwirtschaft, IV: Die Betriebslehre*, 12ª ed. rivista da F. Falke, Berlin 1920, p. 67.

115. Walter of Henley, *Husbandry*, ed. E. Lamond, London 1890, p. 12. N. Harvey, *Walter of Henley and the old farming*, «Agriculture, the Journal of the

Ministry of Agriculture», LIX (1952-3), p. 491, è sorpreso dalla povertà di idee di Walter in materia di tiri da aratro.

116. Krafft, *op. cit.*, p. 70.

117. Helmold, *Chronicle of the Slavs*, trad. F. J. Tschan, New York 1935, pp. 73 e 75; ma cfr. J. Matuszewski, *Les Origines de l'attelage moderne*, «Kwartalnik historii kulturny materialnej», II (1954), p. 836, afferma che nella Polonia del XII secolo un cavallo da lavoro costava quanto due buoi.

118. *The Bayeux Tapestry*, ed. F. Stenton, New York 1957, fig. 12; cfr. pp. 11 e 33.

119. C. Zervas, *L'art de la Catalogne*, Paris 1937, tav. 4, la data fra il X e l'XI secolo, ma cfr. Webster, *op. cit.*, pp. 79-84, 165, tavv. LI, LII (A); R. Tatlock, *Spanish Art*, New York 1927, pp. 67-68, tav. 10.

120. Orderico Vitale, *Historia ecclesiastica*, IX, 3, ed. A. Le Prevost, Paris 1845, III, p. 471. Sfortunatamente C. Parain, nella *Cambridge Economic History*, I, p. 132, ha confuso le cose, ed ha condotto fuori strada N. E. Lee, *Travel and Transport through the Ages*, Cambridge 1956, p. 117, e R. Trow-Smith, *History of British Livestock Husbandry to 1700*, London 1957, p. 56. Parain sostiene che nella *Lex salica* i cavalli tirano gli aratri, trascurando il significato di *carruca* contenuto in quel testo, come notato sopra, nota 50. Asserisce quindi che, dal momento che nella seconda metà del'XI secolo «Jean de Garlande» nomina collari da cavalli (*epiphia equina*), «probabilmente i cavalli venivano già usati per la lavorazione del terreno nella regione di Parigi». È probabile che ciò avvenisse, ma non ne è questa la prova: Parain ha confuso un abachista borgognone della fine dell'XI secolo con il famoso lessicografo inglese dell'inizio del XIII; cfr. G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, I, p. 758; II, p. 696.

121. *The Russian Primary Chronicle, Laurentian Text*, trad. S. H. Cross e O. P. Sherbowitz-Wetzor, Cambridge, Mass., 1953, p. 200. La *Chronicle* è stata completata intorno al 1113; cfr. *ibid.*, p. 21. Il primo riferimento russo a collari da cavallo appare in lettere del XII secolo, scritte su corteccia di betulla, trovate a Novgorod; cfr. R. Smith, *Some recent discoveries in Novgorod*, «Past and Present», V (1954), p. 5.

122. H. P. R. Finberg, *The Domesday ploughteam*, «English Historical Review», LXVI (1941), pp. 67-71.

123. R. Lennard, *Domesday ploughteams: the southwestern evidence*, *ibid.*, LX (1945), pp. 217-33.

124. *Op. cit.*, p. 91.

125. A. L. Poole, *From Domesday Book to Magna Carta*, 2ª ed., Oxford 1955, p. 52.

126. William Fitzstephen, *Descriptio nobilissimae civitatis Londoniae*, in J. Stow, *Survey of London*, London 1603, p. 574.

127. *Boldon Buke, a Survey of the Possessions of the See of Durham, made by Order of Bishop Hugh Pudsey in the Year 1183*, ed. W. Greenwell, Durham 1852, pp. 8, 19; a p. 17 cita un «molendinum equorum».

128. *Records of the Templars in England: the Inquest of 1185*, London 1935, p. 11; i sei cavalli ferrati di p. 9 forse tiravano i tre aratri ivi menzionati o forse no; a p. CXIII si ha un «molendinum chevaleraz».

129. *The Kalendar of Abbot Samson of Bury St. Edmunds*, ed. R. H. C. Davis, London 1954, pp. 119, 127-8.

130. J. A. Raftis, *The Estates of Ramsey Abbey*, Toronto 1957, p. 314. Per alcuni documenti del XIII secolo cfr. H. G. Richardson, *The mediaeval ploughteam*, «History», XXVI (1942), p. 288.

131. Mentre questo libro va alle stampe, R. Lennard, *The composition of demesne plough-teams in twelfth-century England*, «English Historical Review»,

LXXV (1960), pp. 193-207, aggiunge nuovi importanti documenti sulla diffusione dell'impiego del cavallo da lavoro alla fine del XII secolo, e mostra (p. 201) che questo mutamento iniziò «nelle regioni orientali e nel Midland orientale dell'Inghilterra».

132. L. Delisle, *Étude sur la condition de la classe agricole et l'état de l'agriculture en Normandie au moyen âge*, Évreux 1851, p. 135, nota 36: «omnes illi qui associabunt equos ad carucam...». Eudes Rigaud, *Registrum visitationum archiepiscopi Rothomagensis (1248-1269)*, ed. T. Bonnin, Rouen 1852, p. 375, registra che quando, nel 1260, si recava a cavallo da Meudon a Giset per la festa di san Matteo, «invenimus carrucas operantes et arrantes, quarum equos adduci fecimus ad Meullentum, pro eo quod in festo tanti Sancti presumpserint irreverenter operari».

133. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, III, New York 1934, p. 466.

134. R. Grand, *Les Moyens de résoudre dans le haut moyen âge les problèmes ruraux*, in «Settimane di Studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo», II (1955), pp. 528-9; M. M. Postan, *The chronology of labour services*, in «Transaction of the Royal Historical Society», quarta serie, XX (1937), pp. 186-9.

135. Cfr. D. Oschinsky, *Medieval treatises on estate management*, «Economic History Review», seconda serie, III (1955-6), pp. 296-309. Qualcosa di analogo deve essere avvenuto in Germania, giacché lo scrittore satirico del XIII secolo Seifried Helbling, ed. J. Seemüller, Halle a. S. 1886, 1: 399, 820; 3: 124; 7: 1209; 15: 87, mette in ridicolo i cavalieri che lasciano le armi per curare le loro terre, che non pensano ad altro che ai raccolti ed ai profitti, che si preoccupano del formaggio, delle uova, e del prezzo del grano.

136. *Op. cit.*, p. 12.

137. C. A. Yeo, *Land and sea transportation in Imperial Italy*, «Transactions and Proceedings of the American Philological Society», LXXVII (1946), p. 222.

138. *Ibid.*, p. 224; cfr. E. R. Grosser, *The significance of two new fragments of the Edict of Diocletian*, *ibid.*, LXXI (1940), p. 162.

139. R. J. Forbes, *Land transport and road-building (1000-1900)*, «Janus», XLVI (1957), p. 109.

140. Il fatto che le ruote anteriori nella miniatura dell'*Apocalisse* di Treviri, che è dell'800 circa (cfr. sopra nota 109, e tav. 2) siano piú piccole di quelle posteriori indica la presenza di un assale anteriore con perno. Per la documentazione medioevale piú tarda vedi M. N. Boyer, *Medieval pivoted axles*, «Technology and Culture», I (1960), pp. 128-38, e sotto nota 143.

141. Non sono a conoscenza di bilancini anteriori a quelli raffigurati sulle porte di bronzo della cattedrale di Novgorod, fatte a Magdeburg, in Sassonia nel 1152-4; cfr. A. Goldschmidt, *Die Bronzetüren von Novgorod und Gnesen*, Marburg a. L., 1932, p. 8, tav. 26.

142. Cfr. A. L. Kellogg, *Langland and two scriptural texts*, «Traditio», XIV (1958), pp. 392-6.

143. *A Book of Old Testament Illustrations of the Middle of the Thirteenth-Century sent by Cardinal Bernard Maciejowski to Shah Abbas the Great, King of Persia, now in the Pierpont Morgan Library*, ed. S. C. Cockerell, M. R. James, e C. J. Ffoulkes, Cambridge 1927, un manoscritto del 1250 circa, probabilmente parigino, che è molto dettagliato su particolari tecnici (mostra, ad esempio, c. 21*b*, un assale anteriore con perno, bilancino, e briglia da corna per buoi), riproduce, alle cc. 5*b*, 6*b*, 9*a*, 12*a*, 21*b*, 23*a*, 27*b*, 39*a*, e 44*b*, carri a quattro ruote, ma nessun carro a due ruote.

144. «Tantum curo de Ioachym quantum de quinta rota plaustri», *Cronica Fratris Salimbene de Adam*, ed. O. Holder-Egger, *MGH*, *Scriptores*, XXXII (1905-13), p.

239. P. Deffontaines, *Sur la répartition géographique des voitures à deux roues et à quatre roues*, in *Travaux du Ier Congrès International de Folklore, Paris 1937*, Tours 1938, p. 119, offre curiose testimonianze di un ritorno, all'inizio dell'epoca moderna, ai carri a due ruote in alcune zone della Francia che avevano usato carri a quattro ruote nel basso Medioevo.

145. F. Steinbach, *Gewanndorf und Einzelhof*, in *Historische Aufsätze Aloys Schulte gewidmet*, Düsseldorf 1927, pp. 57-59; K. Fröhlich, *Rechtsgeschichte und Wüstungskunde*, «Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germ. Abt.», LXIV (1944), pp. 299-301; H. Mortensen, *Zur deutschen wüstungsforschung*, «Göttingische gelehrte Anzeigen», CCVI (1944), pp. 199-200; W. Müller-Wille, *Zur Genese der Dörfer in der Göttinger Leinetalsenke*, «Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Phil.-hist., Kl.» (1948), pp. 13-14; F. Trautz, *Das untere Neckarland im früheren Mittelalter*, Heidelberg 1953, pp. 40-43; A. Timm, *Studien zur Siedlungs-und Agrargeschichte Mitteldeutschlands*, Köln 1956, p. 137; H. Jäger, *Entwicklungsperioden agrarer Siedlungsgebiete im mittleren Westdeutschland seit dem frühen 13. Jahrhundert*, «Würzburger geographische Arbeiten», VI (1958), p. 19.

146. L. Génicot, *Sur les témoignages d'accroissement de la population en occident du XIe au XIIIe siècle*, «Cahiers d'histoire mondiale», I (1953), pp. 446-62; J. C. Russell, *Late ancient and medieval population*, «Transactions of the American Philosophical Society», XLVIII, 3 (1958), p. 113.

147. É. Perroy, *La Terre et les Paysans en France au XIIe et au XIIIe siècles*, Paris 1953 (edizione mimeografata), pp. 144-5, mostra che intorno al 1280, in Francia, alcuni terreni messi a coltura da poco si erano rivelati inadatti ad usi agricoli, ed erano stati abbandonati. Evidentemente intorno a quell'epoca il diboscamento aveva raggiunto il punto di diminuire il profitto.

148. B. Huppertz, *Räume und Schichten bäuerlicher Kulturformen in Deutschland*, Bonn 1939, pp. 131-9. Quando H. Stoob, *Minderstädte: Formen der Stadtentstehung im Spätmittelalter*, «Vierteljahrschrift für Sozial-und Wirtschaftsgeschichte», XLVI (1959), p. 22, dice della miriade di piccole città che sorsero durante il basso Medioevo che «bürgerliches Leben wird hier zur Miniatur, ja Karikatur», guarda al fenomeno dal punto di vista dell'uomo di città, non con gli occhi del contadino in ascesa.

149. É. Chantriot, *La Champagne: étude de géographie régionale*, Nancy 1905, p. 247.

150. M. W. Beresford e J.K.S. St. Joseph, *Medieval England: An Aerial Survey*, New York 1958, pp. 111-13.

151. R. Mielke, *Das Pfluggespann*, in *Festschrift Eduard Hahn*, Stuttgart 1917, pp. 194-7, 202.

152. E. Hahn, *Das Pfluggespann*, in *Festschrift für Marie-Andree Eysn*, München 1928, p. 90; cfr. la cartina dell'area di impiego del cavallo nella lavorazione dei campi in Francia intorno al 1650 in R. Musset, *De l'élevage du cheval en France*, Paris 1917, p. 137.

153. C. Parain in *Cambridge Economic History*, I (1941), p. 127.

154. H. Wartmann, *Urkundenbuch der Abtei St. Gallen*, Zürich 1863, I, 41, n. 39: «et in primum ver aratro iurnalem unum et in mense Junio brachare alterum et in autumno ipsum arare et seminare».

155. O. Dobenecker, *Regesta historiae Thuringiae*, Jena 1896, I, p. 15, n. 48: «in tribus Hoheimis... in tribus Geochusis... in tribus Percubis». Un documento del 771, nel *Codex diplomaticus et variarum traditionum antiquissimi Monasterii Lauresheimensis*, Tegernsee 1766, parte II, pp. 312-13, n. 494, che menziona un «mansum de terra araturia XXVII iurnales in tribus locis sitos», è spesso citato come uno dei primi documenti di rotazione triennale. Ma W. Fleischmann, *Caesar*,

Tacitus, Karl der Grosse und die deutsche Landwirtschaft, Berlin 1911, p. 53, nota 1, fa correttamente notare come questo codice menziona cosí tante donazioni di terreni situati in 2, 4, 5, 6 ecc. *loci*, che l'interpretazione del numero 3 risulta ambigua.

156. K. Lamprecht, *Deutsches Wirtschaftsleben im Mittelalter*, Leipzig 1886, I, p. 545, nota 4.

157. Ad esempio K. Weller, *Die Besiedlung des Alemannenlandes*, «Württembergische Vierteljahrschrift für Landesgeschichte», VII (1898), pp. 340-1.

158. Haudricourt e Delamarre, *op. cit.*, p. 46.

159. Cfr. sopra, nota 81.

160. *Naturalis historia*, XVIII, 20, ed. C. Mayhoff, Leipzig 1892, III, p. 193.

161. XVIII, 7, *ed. cit.*, III, p. 155.

162. XVIII, 12, *ed. cit.*, III, p. 175.

163. XVIII, 12, *ed. cit.*, III, p. 176.

164. XVIII, 12, *ed. cit.*, III, p. 175.

165. F. Harrison, *Roman Farm Management: The Treatises of Cato and Varro*, New York 1913, pp. 41-42, 121-2.

166. V. M. Mikkelsen, *A contribution to the history of vegetation in the Sub-Arctic period*, in A. Steensberg, *Farms and Watermills in Denmark during Two Thousand Years*, Köbenhavn 1952, p. 302.

167. Come riferito in Diodoro Siculo, II, 47, ed. C. H. Oldfather, London 1935, II, 38.

168. S. Applebaum, *The agriculture of the British Early Iron Age as exemplified at Figheldean Down*, «Proceedings of the Prehistoric Society», XX (1954), p. 104.

169. G. Hanssen, *Agrarhistorische Abhandlungen*, Leipzig 1880, I, p. 163.

170. M. Bloch, *Caractères*, p. 25; K. Lamprecht, *op. cit.*, I, p. 558.

171. Sui calcoli inutilmente complicati di Walter of Henley per scoprire che, con il nuovo sistema, era possibile coltivare un ottavo di terra in piú, cfr. *Cambridge Economic History*, I, p. 129. È significativo il fatto che questo passo sia stato omesso da uno dei manoscritti di Henley: cfr. E. Power, *On the need for a new edition of Walter of Henley*, «Transactions of the Royal Historical Society», XVII (1934), pp. 101-16.

172. D. R. Sampson, *On the origin of oats*, «Harvard University Botanical Museum Leaflets», XVI (1954), pp. 295-8; F. A. Cofman, *«Avena sativa» L. probably of Asiatic origin*, «Agronomy Journal», XLVII (1955), p. 281; F. Schwanitz, *Die Entstehung der Kulturpflanzen*, Berlin 1957, p. 122.

173. E non si tratta di un'abitudine moderna: W. Dugdale, *Baronage of England*, London 1675, I, pp. 183-4, cita un accordo, stipulato negli anni 1317-1318, che provvedeva regolarmente «fieno ed avena per quattro cavalli... fieno ed avena per otto cavalli».

174. Un inventario effettuato nel 1338 di 123 proprietà del priorato degli Ospedalieri di Saint-Gilles, vicino alla foce del Rodano, mostra che tutte, eccetto tre, usavano cavalli per l'aratura, nonostante il fatto che ventiquattro di queste proprietà, grazie a circostanze favorevoli, fossero state in grado di perfezionare ritmi di coltivazione piú intensi della rotazione biennale; cfr. G. Duby, *Techniques et rendements agricoles dans les Alpes du Sud en 1338*, «Annales du Midi», LXX (1958), pp. 404, 407. Nel 1422 si fece il tentativo di adoperare cavalli per far funzionare il grande paranco di Brunelleschi eretto per i lavori di costruzione della cupola della cattedrale di Firenze, ma i cavalli si dimostrarono almeno del 50 per cento piú costosi dei buoi: cfr. F. D. Prager, *Brunelleschi's inventions*, «Osiri», IX (1950), p. 516, nota 146.

175. J. Boussard, *La vie en Anjou au XIe et XIIe siècles*, «Moyen âge», LVI (1950), pp. 57, 67, dice che l'avena è menzionata per la prima volta nell'Angiò

nel 1129, e che durante la seconda metà del secolo l'avena ed il frumento tendevano a rimpiazzare l'orzo e la segala quali cereali base. Dal momento che l'Angiò si trova al confine fra l'area del cavallo e quella del bue, fra quella a conduzione triennale e quella biennale, ed, infine, fra le aree a campi aperti e quelle a campi chiusi, sarebbe molto interessante conoscere gli esatti rapporti locali fra i raccolti ed i mutamenti connessi a questa trasformazione.

176. Cfr. G. C. Homans, *English Villagers in the Thirteenth Century*, Cambridge, Mass., 1941, pp. 56-57. P. de Saint-Jacob, *L'Assolement en Bourgogne au XVIIIe siècle*, «Études rhodaniennes», XI (1935), pp. 209-19, cita l'esempio di alcuni villaggi borgognoni del XVIII secolo, a rotazione biennale, che desideravano mutare i sistemi di rotazione perché la monocultura del frumento e della segale era soggetta ai danni delle cattive annate, ed i contadini rimanevano disoccupati per molti mesi. P. Féral, *L'Introduction de l'assolement triennal en Gascogne lectouroise*, «Annales du Midi», LXII (1950), pp. 249-58, mostra il grande beneficio economico della diffusione, in epoca recente, nella Guascogna, di un sistema modificato di rotazione triennale. D'altra parte L. Musset, *Observations sur l'ancien assolement biennal du Roumois et du Lieuvin*, «Annales de Normandie», II (1952), p. 150, segnala una comunità della Normandia che nel 1291 seguiva una rotazione triennale, mentre nel 1836 ne seguiva una biennale. E. Juillard, *L'Assolement biennal dans l'agriculture septentrionale: le cas particulier de la Basse-Alsace*, «Annales de géographie», LXI (1952), p. 40, ritiene che tali «ritorni» possano essere avvenuti quando, nel tardo Medioevo o in epoca moderna, un villaggio vicino ad un grande mercato cittadino volle aumentare la produzione di frumento per quel mercato e raccogliere meno orzo, avena e simili. Inoltre G. Schröder-Lembke, *Entstehung und Verbreitung der Mehrfelderwirtschaft in Nordostdeutschland*, «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», II (1954), p. 131, parla di comunità che nel XIII secolo seguivano la rotazione triennale, ma che all'inizio del XIV avevano perfezionato un sistema quadriennale, presumibilmente in un tentativo di aumentare le semine primaverili; per altri particolari cfr. il saggio della stessa autrice *Wesen und Verbreitung der Zweifelderwirtschaft im Rheingebiet*, ibid., VII (1959), pp. 14-31.

177. Come avvenne, prima del 1220, in un villaggio dello Yorkshire; cfr. T.A.M. Bishop, *Assarting and the growth of the open fields*, «Economic History Review», VI (1935), p. 19.

178. Gran parte delle comunità dell'area delle piogge estive, che non potevano suddividere nuovamente le terre, in modo da utilizzare a pieno il nuovo sistema, scesero ad un compromesso: le terre rimasero divise in due campi, ma metà del terreno arativo di ciascun anno veniva seminato in autunno, metà in primavera. Anche se meno produttivo del sistema triennale completo, questo metodo aveva molti dei vantaggi di quello, ed era forse particolarmente adatto per regioni con terreni relativamente poveri, che si sarebbero senz'altro esauriti con una rotazione piú intensiva; cfr. Gray, *op. cit.*, 71; C. S. e C. S. Orwin, *The Open Fields*, Oxford 1938, p. 49.

179. W. Müller-Wille, *Das Rheinische Schiefergebirge und seine kulturgeographische Struktur und Stellung*, «Deutsches Archiv für Landes-und Volksforschung», VI (1943), p. 561, pubblica una carta dell'area a coltura triennale in Europa. Si deve notare come tale sistema di coltivazione non sia mai penetrato nelle Fiandre ed in Olanda, o sulle coste tedesche del mar del Nord. Qui non vi era alcun sistema di rotazione: il singolo contadino fertilizzava il proprio campo con terricciati o torba ed il clima umido dava pascoli cosí ricchi che non era necessario il maggese per il pascolo; cfr. p. 538. Il Müller-Wille è tuttavia in errore quando sostiene (p. 561) che la rotazione triennale deve essere stata inventata dai franchi per assicurarsi il foraggio per il bestiame quando essi si spostarono verso il clima

«continentale» dell'interno, che forniva minori pascoli, e dove l'economia pastorale era in concorrenza anche maggiore con un'agricoltura basata sui cereali. I franchi non avevano bisogno di inventare, per tale scopo, la rotazione triennale, dal momento che la rotazione biennale consente anch'essa il pascolo sul maggese.

180. H. Mortensen, *Zur deutschen Wüstungsforschung*, «Göttingische gelehrte Anzeigen», CCVI (1944), p. 210.

181. M. Belényesy, *Angaben über die Verbreitung der Zwei-und Dreifeldwirtschaft im mittelalterlichen Ungarn*, «Acta ethnographica Academiae Scientiarum Hungaricae», V (1956), p. 185.

182. J. K. Jireček, *Geschichte der Serben*, Gotha 1918, II, p. 54; J. Sakazov, *Bulgarische Wirtschaftsgeschichte*, Berlin 1929, p. 105.

183. D. Warriner, *Some controversial issues in the history of agrarian Europe*, «Slavic and East European Review», XXXII (1953), p. 105; S. Chmielewski, *Notes on farm tools and implements in early Polish agriculture*, «Kwartalnik historii kultury materialnej», III (1955), p. 282.

184. «Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie», V (1957), p. 206, che cita D. Hannerberg, *Byamål*, «Kungl. Humanistiska Vetenskaps Samfundets i Lund, Årsberättelse» (1954-5), pp. 19-62.

185. G. Duby, *La Révolution agricole médiévale*, «Revue de géographie de Lyon», XXIX (1954), p. 362.

186. J. Otway-Ruthven, *The organization of Anglo-Irish agriculture in the Middle Ages*, «Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland», LXXXI (1951), p. 9.

187. Cfr. R. Linton, *Crops, soils and culture in America*, in *The Maya and their Neighbors*, New York 1940, p. 36.

188. Ed. A. Le Prevost, Paris 1845, p. 461; cfr. p. 463.

189. «Nonnumquam [anguilla] etiam de aqua egreditur ad agrum in quo pisa vel cicer seminatur», *De animalibus*, liber XXIV, cap. 8, ed. H. Stadler, Münster i. W., 1920.

190. N. Jasny, *The daily bread of the ancient Greeks and Romans*, «Osiris», IX (1950), p. 228.

191. Fortiora contra hiemes frumenta, legumina in cibo», *Naturalis historia*, XVIII, 7, ed. C. Mayhoff, III, p. 159.

192. *The Gregorian Sacramentary under Charles the Great*, ed. H. A. Wilson, London 1915, p. 221.

193. E. Woods, W. M. Beeson e D. W. Bolin, *Field peas* (pisum sativum) *as a source of protein for growth*, «Journal of Nutrition», XXXVI (1943), pp. 327-35; J. S. Lester e W. J. Darby, *Nutrition and diet*, 6ª ed., Philadelphia 1952, p. 193. Per un'analisi dettagliata del contenuto proteico dei legumi e dei grani, cfr. M. L. Orr e B. K. Watt, *Amino Acid Content of Foods* (U. S. Department of Agriculture, Home Economics Bureau Research Department, report 4), Washington 1957, pp. 16-21, 24-33, 54-59.

194. Si devono condurre attenti studi su altre nuove fonti di proteine di questo periodo, e sui nuovi metodi per preservare e trasportare la carne, il pesce ed il formaggio. La grande espansione dei mulini ad acqua, e quella conseguente dei bacini per i mulini, deve certamente aver influito sulla disponibilità di pesce fresco in tutte le stagioni, come mostra la frequenza con la quale l'affitto dei mulini veniva pagato con pesci ed anguille; cfr. R. Grand, *L'Agriculture au moyen âge*, Paris 1950, pp. 535-46. Un manoscritto armeno del XIII secolo mostra un mulinello per la pesca; lo stesso strumento appare in Cina nella prima metà del XIV secolo, ma fino ad oggi non se ne sono trovate in Europa tracce anteriori al 1651; cfr. Sarton, *Introduction*, III, 1947, p. 237. Mentre i pesci bianchi, come il merluzzo, contengono relativamente pochi grassi, e possono quindi essere affumicati o salati facilmente, le aringhe, molto oleose, contengono un grasso insaturo che irrancidisce

facilmente combinandosi con l'ossigeno dell'aria, rendendo difficile l'immagazzinaggio ed il trasporto, fatto questo particolarmente grave in quanto le aringhe, al contrario della maggior parte dei pesci bianchi, passano stagionalmente in grandi banchi. La tecnica di salare le aringhe in barili, in maniera tale da eliminare l'aria e permettere il trasporto su grandi distanze, e la conservazione per anni, appare per la prima volta nel 1359; cfr. C. L. Cutting, *Fish Saving: A History of Fish Processing*, London 1955, p. 57. E. M. Veale, *The rabbit in England*, «Agricultural History Review», v (1957), pp. 85-90, mostra che il coniglio raggiunse l'Inghilterra nel 1176, e divenne comune nel XIII secolo. Nel 1341 a Milano il Flamma, dopo aver rilevato l'allevamento selettivo dei destrieri e dei cani «Alani», nota: «et cuniculis castra et civitatem repleverunt»; cfr. sopra, nota 112.

195. La grande vitalità dell'Italia, della Provenza e della Spagna in questo periodo non può essere spiegata in termini di tecnologia agraria. G. Luzzatto, *Mutamenti nell'economia agraria italiana dalla caduta dei Carolingi al principio del secolo XI*, in «Settimane di Studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medio Evo», II (1955), p. 604, è nel giusto quando dice che i trattati di Catone, Varrone e Columella sembrano quasi descrivere una proprietà agricola italiana del 1800. Tuttavia, D. Herlihy, *Treasure hoards in the Italian economy, 906-1139*, «Economic History Review», x (1957), pp. 1-14, e *The agrarian revolution in Southern France and Italy, 801-1150*, «Speculum», XXXIII (1958), pp. 21-41, presenta una rivoluzione non tecnologica, ma di gestione, contemporanea al miglioramento tecnologico che si registra a nord della Loira e delle Alpi. A causa delle successioni ereditarie, nel sud i possessi terrieri erano stati frazionati al punto di raggiungere una completa inefficienza agricola. Dal 960 circa, con un culmine intorno al 1070, gioielli e altri beni tesaurizzati vennero convertiti sempre piú frequentemente in danaro, che veniva investito per consolidare i frammenti di terra in unità realmente produttive. Gli sforzi della riforma gregoriana per consolidare i possessi ecclesiastici dispersi e depauperati ebbero lo stesso risultato. Nell'Europa settentrionale la diffusa sostituzione delle strisce sparse coltivate individualmente con i campi aperti, controllati comunitariamente ed amministrati come unità, rappresentò una rivoluzione di gestione che contribuí indubbiamente all'alta produttività della nuova tecnica agricola. Nell'area mediterranea i nuovi criteri di gestione furono applicati all'antica tecnica romana, che era straordinariamente adatta alle condizioni ambientali, ed i risultati furono eccellenti. Nonostante la conclusione dell'Herlihy, che questa trasformazione nella gestione perse parte della sua vitalità nel XIII secolo, i mercanti italiani fecero forti investimenti in lavori di miglioria durante il XIII secolo, un po' meno nel XIV e piú che mai nel XV; cfr. C. M. Cipolla, *Trends in Italian history in the later Middle Ages*, «Economic History Review», II (1949), pp. 182-3. E in effetti, nel XV secolo, quando la maggior parte dell'Europa registrava un declino demografico, l'Italia settentrionale e centrale sembrano essere state in espansione; cfr. K. Helleiner, *Europas Bevölkerung und Wirtschaft im späteren Mittelalter*, «Mitteilungen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung», LXII (1954), p. 262, nota 21. Sarebbe interessante scoprire se lo sviluppo dei «castelli», villaggi fortificati di contadini liberi, avvenuto in Italia a partire dal x secolo, sia un fenomeno dello stesso tipo, o diverso, del concentrarsi della popolazione contadina in grandi villaggi, al quale si assiste in Germania; cfr. G. Luzzatto, *L'inurbamento delle popolazioni rurali in Italia nei secoli XII e XIII*, in *Studi in onore di Enrico Besta*, Milano 1938, II, pp. 183-203. Il mio suggerimento, cfr. sopra, pp. 109-110, che la transizione dal bue al cavallo nell'agricoltura può aver favorito le concentrazioni nel Nord è irrilevante per lo sviluppo dei *castelli*, giacché il bue rimane predominante nella penisola.

196. L. White, jr., & c., *Symposium on the tenth century*, «Medievalia et humanistica», IX (1955), pp. 3-29.

197. Paris 1937; trad. it., Bari 1939.
198. Trad. it., pp. 177 e 261.
199. La discussione piú recente e completa è in R. Latouche, *Les Origines de l'économie occidentale (IVe-XIe siècle)*, Paris 1956. Per un'analisi piú breve, vedi A. Riising, *The fate of Henri Pirenne's thesis on the consequences of the Islamic expansion*, «Classica et medievalia», XIII (1952), pp. 87-130.

Cultura_in_Ita

Parte terza
Ricerche medioevali sull'energia meccanica e sulle macchine

Cultura_in_Ita

Il basso Medioevo, approssimativamente dall'anno 1000 alla fine del XV secolo, è un periodo di decisivo sviluppo nella storia dei tentativi di sfruttare meccanicamente le forze della natura, per scopi umani. Ciò che era stato, fino a quell'epoca, un brancolare empirico si convertí, con sempre maggiore rapidità, in un programma ampio e cosciente destinato ad imbrigliare e dirigere le energie osservabili intorno a noi. Quella tecnologia dell'energia, risparmiatrice di fatica umana, che è stata una delle caratteristiche precipue dell'Occidente nell'età moderna, dipende non solo dal mutamento, avvenuto nel Medioevo, dell'atteggiamento degli uomini nei confronti dello sfruttamento della natura, ma anche, in gran parte, da conquiste propriamente medioevali. Il famoso passo che si incontra verso la fine del *Discorso sul metodo* di Cartesio (1637),[1] nel quale egli dice che « conoscendo distintamente la potenza e gli effetti del fuoco, dell'acqua, dell'aria, degli astri, dei cieli e di tutti gli altri corpi a noi circostanti, a quel modo che li conosce ogni tecnico per la sua arte, noi potremmo impiegarli similmente a tutti gli usi a cui sono adatti, e renderci cosí padroni e possessori della natura », non era una proposta nuova. Al contrario, fissava un programma che aveva già dominato le ambizioni di molte generazioni di ingegneri,[2] e che da tempo aveva prodotto notevoli risultati.

I. Le fonti di energia

Dal momento che l'età ellenistica aveva inventato non solo il meccanismo per convertire il moto rotativo in alternativo, l'eccentrico,[3] ma anche gli ingranaggi nelle tre forme essenziali – la stella, la corona, e la vite senza fine[4] – e andava producendo intorno al I secolo a. C.[5] meccanismi con ingranaggi molto complessi, è strano che i suoi tecnici ingegnosi non abbiano fatto maggiori progressi nello sfruttamento delle fonti di energia. La turbina a vapore,[6] gioco meccanico di Erone di Alessandria, ed il suo piccolo mulino a vento,[7] in realtà piuttosto dubbio, non sembrano aver influenzato la tecnologia fino al Rinascimento.[8]

Tuttavia i turbolenti decenni durante i quali Roma andava estendendo il suo potere sul Levante furono segnati da una conquista ben piú durevole della *Pax romana*: l'inizio del controllo dell'energia idraulica. Un papiro del II secolo a. C. parla di una *noria*, o ruota di irrigazione automatica, in Egitto;[9] ed intorno al 18 a. C. Strabone menziona un mulino ad acqua per il grano, esistente nel palazzo che Mitridate, re del Ponto, aveva completato nel 63 a. C.[10] Antipatro,[11] un contemporaneo di Strabone, celebra il mulino ad acqua che avrebbe alleviato i lavori delle schiave. Senza dubbio le prime ruote idrauliche erano orizzontali, e giravano intorno ad un asse verticale fissato alla macina; ma Vitruvio, che è generalmente datato alla fine del I secolo a. C., dà istruzioni per la costruzione di una ruota idraulica colpita di

sotto, che comportava degli ingranaggi per collegare l'asse orizzontale della ruota con l'asse verticale delle macine.[12] Dal momento che un ingranaggio di questo tipo consentiva una velocità di rotazione delle macine molto maggiore di quella della ruota, il mulino di Vitruvio è la prima grande conquista nella progettazione di un meccanismo ad alimentazione continua.

Probabilmente la ruota idraulica orizzontale fu un'invenzione barbarica. In scavi molto scrupolosi di due sbarramenti nello Jutland, uno risalente ai primi anni dell'era cristiana, l'altro di poco posteriore, l'andamento dei depositi di fango era spiegabile solo supponendo la presenza di mulini ad asse verticale.[13] Inoltre nel 31 d. C. un'analoga ruota idraulica orizzontale si incontra in Cina: essa serviva a far girare un asse verticale che sosteneva una ruota superiore, la quale, per mezzo di un piolo eccentrico e di una corda, azionava i mantici di una fornace per fondere il ferro.[14] L'apparizione quasi simultanea di questa prima macchina motrice, in regioni cosí distanti come il Mediterraneo, la Danimarca settentrionale e la Cina, fa supporre una diffusione da un centro ancora sconosciuto, posto presumibilmente a nord e ad est dell'impero romano.

Certo anche il cosiddetto mulino di Vitruvio può essere stato un'importazione nell'area mediterranea. Ad un secolo da Vitruvio si conosceva in Cina una specie di maglio idraulico per macinare riso.[15] I magli possono essere azionati da un albero verticale fornito di alette elicoidali, ma il primo meccanismo di tale disegno appare in Francia nel 1578,[16] e nessun tipo di meccanismo a vite raggiunse la Cina prima dell'età moderna.[17] Dobbiamo quindi concludere che questi magli cinesi venivano messi in moto da eccentrici fissati all'albero orizzontale di una ruota idraulica verticale. La diffusione di un meccanismo cosí nuovo e complesso come la ruota idraulica verticale da Roma alla Cina nelle due o tre generazioni fra Vitruvio e l'*Hou Han-shu* è cosí improbabile che dobbiamo cercare un punto intermedio di diffusione ancora sconosciuto.

Tuttavia, nonostante tutta l'utilità potenziale del mulino ad acqua, ed il fatto che la ben piú utile ruota idraulica colpita di sopra fosse

conosciuta nel Mediterraneo forse già dal IV secolo [18] e certamente nel V,[19] né Roma né la Cina mostrarono grande immaginazione nell'applicarla a processi industriali. L'unico indizio che i romani l'abbiano potuta usare per qualche cosa di diverso dal macinare il grano,[20] si trova nella *Mosella* [21] di Ausonio - che si suppone scritta intorno al 369 d. C. -, dove si parla dello stridente rumore di una sega da marmo azionata dall'acqua, lungo le rive del Ruwar, un affluente della Mosella. Il fatto che nessun'altra sega idraulica ci sia nota prima del taccuino di disegni di Villard de Honnecourt,[22] del 1235 circa, sarebbe indicativo soltanto della povertà delle nostre fonti per la storia della tecnologia antica, se non fosse per alcuni aspetti sconcertanti che riguardano la *Mosella*.

L'unica pietra di valore commerciale nella regione del Ruwar è l'ardesia turchina per tetti, che si rompe cosí facilmente che non richiede e non può essere segata.[23] Che si trasportasse del marmo grezzo per segarlo fino ad un cosí oscuro corso d'acqua è inconcepibile perché non mancavano, nella Gallia settentrionale, luoghi adatti all'installazione di mulini. Plinio [24] ci dice inoltre che allora, come in epoca moderna, il marmo non era tagliato con una sega dentata, ma con una sega liscia ed un abrasivo. Questo significa che, ai tempi di Ausonio, una sega da marmo avrebbe dovuto essere orizzontale, ma una sega idraulica orizzontale avrebbe richiesto meccanismi per la conversione del moto ben piú complessi di quelli del primo strumento successivo del genere, la sega da legno verticale di Villard, di quasi nove secoli dopo.

Inoltre la tradizione manoscritta della *Mosella* è strana.[25] Il poema non appare mai nelle piú importanti collezioni di scritti di Ausonio, ed una lettera «di convalida», attribuita a Simmaco, che ad esso è sempre unita, non si trova negli epistolari regolari di Ausonio, nei quali la corrispondenza con Simmaco ha tanta importanza. Questa lettera è presente invece nella raccolta delle lettere di Simmaco; tuttavia nessun manoscritto di questa sezione è piú antico dell'XI secolo, e la lettera può essere stata inserita da un dotto copista, che la conosceva dalla *Mosella*. Ermenrico di S. Gallo (850 d. C. circa) ha lasciato un'epistola in versi ed un epigramma nei quali egli avrebbe fatto propri e modificato alcuni versi della *Mosella*. Ma siamo sicuri che Ermenrico piutto-

sto che il saccheggiatore non sia egli il saccheggiato? Il piú antico manoscritto contenente la *Mosella* (Codex Sancti Galli 899) è datato al X secolo, e proviene dallo *scriptorium* della sua abbazia. In altre parole la *Mosella*, un poema che appare, sia per lo stile che per sensibilità verso la natura, notevolmente, e quindi sospettosamente, al di sopra del livello delle opere sicuramente autentiche di Ausonio, ricorre solo in manoscritti tardi e marginali dell'autore. Non potrebbe forse essere l'opera di un umanista medioevale? Basta richiamare alla mente l'anonimo «O, tu qui servas armis ista moenia» per riconoscere che alla fine del IX e nel X secolo vi erano poeti latini di prim'ordine. Finché le anomalie concernenti la *Mosella* non saranno chiarite, dobbiamo andar cauti nell'attribuire le seghe idrauliche alla fine del IV invece che al X secolo.

Verso la fine del X o nell'XI secolo cominciamo ad aver le prove che si andava utilizzando l'energia idraulica per impieghi diversi dalla macinazione del grano. Intorno al 983 vi era forse una gualchiera – la prima applicazione pratica dell'albero ad eccentrici in Occidente – sulle rive del Serchio, in Toscana.[26] Nel 1008 una donazione di proprietà ad un monastero di Milano menziona non solo mulini per la macinazione del grano, ma, adiacenti a questi, lungo la corrente, delle *fullae*, che erano probabilmente gualchiere.[27] Nel 1010 il toponimo Schmidmülen nell'Oberpfalz [28] indica che nelle fucine della Germania erano in funzione magli azionati ad acqua. Fra il 1040 ed il 1050 c'era a Grenoble un mulino per la follatura, ed intorno al 1085 uno per la lavorazione della canapa.[29] Intorno al 1080 l'abbazia di Saint Wandrille, presso Rouen, riceveva le decime di una gualchiera;[30] verso il 1086 due mulini inglesi pagavano il canone con lingotti di ferro:[31] usavano dunque l'energia idrica per le fucine. Prima della fine dell'XI secolo mulini per la lavorazione del ferro si trovavano anche vicino a Bayonne, in Guascogna.[32]

Anche se alla mente moderna, che accetta la tecnologia dell'energia come qualcosa di assiomatico, il millennio fra la prima apparizione del mulino ad acqua e la sua applicazione su vasta scala sembra incomprensibile, quei mille anni furono in realtà tutt'altro che statici per

quanto riguarda la diffusione dell'energia idraulica. Anche nei periodi piú oscuri dell'alto Medioevo, sui quali le nostre fonti sono considerevolmente meno ricche che per l'epoca romana, le testimonianze scritte su mulini ad acqua sono di gran lunga piú frequenti e piú diffuse che per il periodo precedente.[33] Nel 1086 il *Domesday Book* elenca 5624 mulini per circa 3000 comunità inglesi.[34] E non vi è alcun motivo di credere che l'Inghilterra fosse piú progredita, dal punto di vista tecnologico, dell'Europa continentale. Intorno all'XI secolo l'intera popolazione dell'Europa viveva talmente a contatto con uno dei piú importanti prodotti della tecnologia dell'energia che se ne cominciavano a riconoscere le possibili implicazioni.

Nell'XI secolo il primo segno di un interesse per ulteriori fonti di energia appare nella costruzione di mulini che sfruttano le maree. Il mulino che sfrutta le maree può sembrare solo un piccolo progresso rispetto al mulino azionato dalla corrente di un fiume, ma è un segno che gli uomini che vivevano su estuari paludosi, o in piccoli porti dove le correnti erano insufficienti, non erano disposti a subire il loro destino. Nel 1044 un mulino a maree era in funzione nelle lagune dell'Adriatico settentrionale,[35] e fra il 1066 ed il 1086 un altro ne deve essere stato costruito all'ingresso del porto di Dover.[36] Ma, a causa delle fluttuazioni stagionali nell'altezza delle maree, tali mulini non sono soddisfacenti; essi continuarono tuttavia ad essere molto diffusi durante tutto il basso Medioevo.[37] La loro invenzione è importante soprattutto come annuncio di quel che sarebbe avvenuto in seguito, come sintomo di un nuovo atteggiamento che avrebbe mutato completamente il carattere della vita umana.

Alcune popolazioni vivevano in regioni pianeggianti, dove i fiumi scorrevano troppo lentamente per far girare con forza sufficiente una ruota, e dove la costruzione di bacini avrebbe allagato troppo buon terreno agricolo. Ma non si potevano utilizzare i venti? La capacità di ricerca della tecnologia occidentale si manifesta chiaramente nel XII secolo con l'invenzione del mulino a vento, che ruotava su di un asse leggermente inclinato sull'orizzonte per garantire un'azione a turbina sulle pale.

Poiché nell'area dello sciamanismo le bandiere sventolanti sono una forma di preghiera, si è a volte avanzata l'ipotesi che la ruota delle preghiere del Tibet, mossa dal vento, costruita come un anemometro e ruotante su di un asse verticale, sia, non solo molto antica, ma anche forse l'ispirazione del mulino a vento in generale.[38] Ma l'origine di questo meccanismo non può essere tuttavia datata.[39] In realtà sembrerebbe che l'idea iniziale di acquistar meriti religiosi con la rotazione di scritture sacre sia cinese e non tibetana. Forse fin dal VI secolo, e senza dubbio dopo l'823,[40] scaffali rotanti, generalmente ottagonali, venivano a volte posti nei monasteri buddhisti della Cina per tenervi il *Tripitaka* e facilitarne la consultazione. Poiché nell'836 se ne menziona uno presso Suchow con un sistema frenante per arrestarne la rotazione,[41] l'idea primitiva non può essere stata quella di guadagnare meriti spirituali semplicemente facendolo girare. Tuttavia all'inizio del XII secolo una nuova moda di «pietà meccanizzata» percorse la Cina: Yeh Meng-tê (m. 1148) ci dice che «recentemente... in sei o sette templi su dieci si può udire il rumore delle ruote degli scaffali rotanti che girano»[42] certo non come risultato di un'attività di studio. Il fatto che nella moderna Mongolia alcune grandi ruote delle preghiere siano ottagonali suggerisce che nell'Asia centrale tali meccanismi che racchiudono dei mantra, fossero ispirati dagli scaffali rotanti cinesi.[43]

Come si è detto, la prima applicazione della forza del vento ai cilindri oranti è completamente oscura. Nel Tibet i mulini a vento sono usati unicamente cosí, nella tecnica della preghiera;[44] in Cina sono usati per pompare o per sollevare le barche al di là delle chiuse dei canali, ma non per macinare il grano;[45] nell'Afghanistan venivano usati essenzialmente per la preparazione della farina.[46] Da questo si può arguire una diffusione del piú semplice meccanismo tibetano in due direzioni, in ciascuna delle quali ha trovato un'applicazione diversa. In Cina non si trovano mulini a vento prima della fine del XIII secolo.[47] Mulini a vento ad asse verticale, di un tipo simile a quelli del Tibet e della Cina, sono attestati con sicurezza nell'Afghanistan meridionale all'inizio del X secolo,[48] ma non vi sono prove che mulini di questo tipo si siano mai diffusi in altre parti dell'Islam.[49] Per quanto riguarda

l'Europa, il primo mulino a vento ad asse verticale appare in un disegno del taccuino inedito di Mariano di Jacopo Taccola, databile al 1438-50.[50]

Il mulino a vento tipico dell'Europa è stato un'invenzione indipendente, ispirata forse dal mulino ad acqua normale del tipo cosiddetto di Vitruvio. Una carta di St. Mary presso Swineshead, nel Lincolnshire, databile al 1170, o almeno anteriore all'aprile del 1179, menziona un mulino a vento come se fosse esistito da tempo sul posto, ma delle ambiguità fanno sospettare una interpolazione.[51] Un mulino a vento della Normandia è menzionato in una carta, a quanto sembra autentica, che Léopold Delisle ha datato intorno al 1180;[52] ma il documento in realtà è privo di data, e potrebbe essere piú recente di alcuni anni. Il primo sicuro mulino a vento si incontra in occidente nel 1185 a Weedley, nello Yorkshire, dove era affittato per otto scellini all'anno.[53] Prima della morte di Enrico II avvenuta nel 1189, uno dei suoi conestabili cedette un mulino a vento presso Buckingham all'abbazia di Oseney.[54] Nel 1191 o 1192 Joscelin of Brakelond ne menziona uno come se non fosse una novità.[55] Nello stesso periodo, secondo la testimonianza oculare di Ambroise nella sua storia della III Crociata,

> I soldati germani usarono il loro talento
> Per costruire il primo vero mulino a vento
> Che la Siria avesse mai conosciuto,[56]

passo che conferma l'opinione che il mulino a vento europeo non sia venuto dall'Islam. Il fatto che nei sette anni della sua apparizione il mulino a vento fosse stato visto dallo Yorkshire al Levante è un fatto fondamentale per la comprensione del dinamismo tecnologico di quell'epoca. La sua completa integrazione nelle tradizioni medioevali avvenne quando Celestino III (1191-98) decise che i mulini dovevano pagare le decime.[57]

Durante i successivi cento anni i mulini a vento divennero una delle caratteristiche tipiche del paesaggio delle grandi pianure dell'Europa settentrionale, dove essi offrivano ovvi vantaggi dal punto di vista topografico. Inoltre d'inverno, diversamente dal mulino ad acqua, il gelo non ne interrompeva il lavoro. Ne derivò, ad esempio, che durante il XIII secolo furono costruiti, nelle sole vicinanze di Ypres, ben 120

mulini a vento.[58] I mulini a vento potevano inoltre macinare il grano per un castello assediato: Krak des Chevaliers, in Siria, la piú grandiosa fortezza medioevale, terminata intorno al 1240, aveva un mulino a vento entro le sue mura.[59] Nell'Europa mediterranea i mulini a vento si diffusero meno rapidamente che in quella settentrionale, forse perché il problema del gelo non era cosí grande e forse anche perché in genere i corsi d'acqua erano piú rapidi di quelli delle grandi pianure. Tuttavia nel 1319 al piú tardi il mulino a vento era tanto familiare in Italia da permettere a Dante di usarlo come metafora nel descrivere Satana che battendo le ali «par di lungi un molin che il vento gira».[60] Nel 1332 un mulino a vento viene menzionato a Venezia,[61] una regione dove sarebbe stato molto utile.

Ma in particolare nell'Europa meridionale continuarono ad esservi delle zone tecnologicamente ritardate: lo stupore di don Chisciotte per i mulini a vento è giustificato: essi furono probabilmente introdotti nella Mancia solo all'epoca di Cervantes.[62] Nonostante la scarsità di studi fondamentali sul fenomeno, risulta che verso l'inizio del XIV secolo l'Europa aveva fatto progressi straordinari nella sostituzione dell'energia umana con l'energia eolica ed idraulica nelle industrie di base.[63] In Inghilterra, ad esempio, durante il XIII secolo, la follatura meccanica delle stoffe, che sostituí il vecchio metodo di follatura con le mani e con i piedi, costituí un fattore decisivo nello spostamento del centro della manifattura dei tessili dalle regioni sud-orientali a quelle nord-occidentali, dove l'energia idraulica era piú facilmente disponibile.[64] Non che l'Inghilterra fosse particolarmente progredita: nel 1298 i regolamenti della gilda di Spira mostrano che i mulini per la follatura avevano rimpiazzato interamente, anche in quella zona, le tecniche precedenti.[65] Analogamente mulini per concia e per lavatura, mulini per le segherie, per la frantumazione (dalle olive ai minerali), ruote idrauliche azionanti mantici di fornaci, magli di fucine o la pietra smeriglio per rifinire e lucidare armi e corazze, mulini per preparare i pigmenti per i colori, o la pasta della carta o la miscela della birra, si incontravano in numero sempre maggiore in Europa. Questa rivoluzione industriale medioevale,

basata sull'acqua ed il vento, sembrerebbe aver raggiunto il culmine di raffinatezza quando nel 1534 l'italiano Matteo dal Nassaro costruí un mulino sulla Senna, presso Parigi, per la rifinitura delle pietre preziose,[66] per poi vederselo rilevare nel 1552 dalla zecca reale per la produzione delle prime monete «a mulino».[67]

Il nostro scopo non è di dimostrare lo stupefacente aumento della produttività, ma piuttosto di esaminare il nuovo atteggiamento sperimentale nei confronti delle forze della natura che mise in grado l'Europa medioevale di scoprire e cercar di imbrigliare altre fonti di energia, che sono state poi di grande importanza sociale soprattutto in epoca moderna.

L'energia del vapore surriscaldato era stata notata, come mostrano l'eolipila di Erone e molti altri strumenti antichi,[68] nel mondo ellenistico, ma per piú di mille anni non si erano fatti molti tentativi per usarla. Dalla Bisanzio del VI secolo, ci viene il racconto di come Antemio di Tralle, che fu non solo architetto di S. Sofia, matematico, ed autore di un trattato sugli specchi parabolici, ma anche un burlone, terrificasse un suo noioso vicino, Zenone, simulando un terremoto con la pressione del vapore.[69] La descrizione fatta da Guglielmo di Malmesbury nel XII secolo [70] dell'organo costruito da Gerberto nel X è stata intesa nel senso che il futuro papa Silvestro II avrebbe costruito un organo a vapore, ma l'interpretazione è probabilmente inesatta.[71]

Vi è tuttavia un'invenzione antica molto semplice che colpí l'immaginazione dei dotti del tardo Medioevo, e li indusse ad interessarsi in misura sempre maggiore dell'energia del vapore. Vitruvio [72] descrive delle «aeolipilae aereae cavae; hae habent punctum angustissimum, quo aqua infunduntur, collocanturque ad ignem, et antequam calescant, non habent ullum spiritum; simul autem ut fervere coeperint, efficiunt ad ignem vehementem flatum». Dopo l'epoca romana non abbiamo piú tracce di questo mantice a vapore fino al XIII secolo, quando Alberto Magno ci dice:[73] «Prendi un recipiente resistente di terra cotta con due buchi, riempilo di acqua, chiudine fortemente i buchi e ponilo vicino ad un fuoco. Subito il vapore sturerà i due fori tappati e spar-

gerà acqua calda all'intorno. Per questo motivo questo recipiente viene chiamato *sufflator* ed è in genere fatto a forma di uomo. »

Le ultime parole di Alberto sono significative: Vitruvio aveva pensato al suo *sufflator* per rappresentare la forza dei venti, ed intorno al XIII secolo la forma della caldaia era stata assimilata agli stereotipi delle teste eolie, dalle cui bocche escono i venti.[74] All'inizio del XIII secolo [75] l'immaginazione popolare, nutritasi di tali artifici, cominciò ad attribuire a Gerberto il possesso di una magica testa dorata che gli sussurrava segreti. E lo stesso fu narrato di Ruggero Bacone, di Roberto Grossatesta, di Alberto Magno, di Guido Bonatti ed anche di Virgilio,[76] anche se in questi casi la testa era in genere d'ottone, e doveva essere riscaldata perché bisbigliasse.

Fortunatamente svariati di questi *sufflatores* a forma di testa umana sono sopravvissuti dal XIII secolo in poi.[77] Essi erano tanto utili che attirarono l'attenzione degli ingegneri militari. Quando venivano posti vicino al fuoco il getto di vapore dalla bocca era diretto verso la fiamma, e, poiché la corrente creata conteneva molta piú aria che vapore, essi erano particolarmente utili per la legna verde o per i fuochi degli accampamenti con tempo piovoso. Nel 1405 Konrad Kyeser ne dipinge uno;[78] nel 1464 Filarete descrive una coppia di alari dotati di *sufflatores* di forma umana,[79] e fra il 1478 ed il 1495 Leonardo da Vinci disegna tre di questi *sufflatores* con testa d'ottone.[80] I primi esempi di una forma piú astratta si trovano nella traduzione di Vitruvio compiuta dal Cesariano nel 1521,[81] nell'opera di Lazzaro Ercker, del 1574, che illustra un *sufflator* a forma di alambicco per soffiare sul fuoco di una piccola fornace,[82] e, cinque anni piú tardi, nel *sufflator* sferico dell'Isaachi che, egli dice, «soffierà con tanta forza da superare qualsiasi mantice».[83] Ma la testa medioevale di bronzo rimarrà la forma normale di caldaia, ed ispirerà direttamente le prime turbine a vapore.

In una nota indipendente dai tre disegni, Leonardo suggerisce che un *sufflator* siffatto possa essere usato per far girare uno spiedo nel focolare.[84] Nel 1629 Giovanni Branca [85] disegna un nuovo meccanismo a vapore, destinato a compiere un lavoro. La caldaia è un *sufflator* a

forma di testa umana, dalla cui bocca fuoriesce un getto di vapore che fa girare una turbina la quale, a sua volta, muove un pestello. Appare chiaro dal testo che accompagna l'illustrazione che a quel tempo anche un ingegnere capace come il Branca – aveva l'incarico della costruzione del piú stimato reliquiario del tempo, la Santa Casa di Loreto – pensasse che la caldaia dovesse naturalmente aver forma umana: la macchina «è fatta per pestare le materie per fare la polvere; ma con un motore meraviglioso, che non è altro che una testa di metallo con il suo busto empito d'acqua, posto sopra carboni accesi, che non possa esalare in altro luoco che nella bocca». Ed ancora, nel 1641 Atanasio Kircher [86] mostra un piccolo mulino a vento azionato da getti di vapore che fuoriescono da due *sufflatores* a forma di testa umana, che nella sua mente sono chiaramente collegati alle teste eolie.[87] Per quanto il Branca considerasse che «l'aria racchiusa» stesse alla pari dell'acqua, del vento e degli animali quale fonte di energia,[88] questi tentativi di imbrigliare il vapore si dimostrarono di poco profitto fino a molto tempo dopo, quando fu inventata la turbina a vapore. I disegni del Branca e del Kircher mostrano tuttavia le radici medioevali degli esperimenti del XVII secolo.[89]

La forza esplosiva del vapore era stata osservata nell'età medioevale, come abbiamo visto, nel *De meteoris* di sant'Alberto. Non vi sono tuttavia dei tentativi di utilizzazione fino al disegno di Leonardo, notevole anche se fallito, di un cannone a vapore:[90] un terzo della lunghezza della canna è ricoperto di carboni ardenti; quando la canna è incandescente viene introdotta dell'acqua da un recipiente, e l'istantanea conversione in vapore fa partire la palla. Nel 1521 Cesariano raffigura granate che sembrano esplodere per il vapore.[91]

Connessi all'energia del vapore ed alla confusione fra vapore ed aria sono gli esperimenti con aria calda [92] ed aria compressa. Notando la corrente di aria calda che sale nei camini, i tecnici della fine del XV secolo ponevano nella cappa piccole turbine ad ingranaggi per muovere uno spiedo.[93] Era questa una forma piuttosto ingegnosa di automazione, in quanto piú caldo era il fuoco, piú velocemente avrebbe

girato l'arrosto. Nel 1845 padre Huc vide dei nomadi tibetani porre le loro ruote delle preghiere, azionate da una turbina, nella corrente d'aria sopra il fuoco delle tende.[94] Se, come sembra probabile, l'espediente è molto antico, può essere stato diffuso in Europa, dove motivi decorativi tibetani si incontrano nel basso Medioevo.[95] Qualunque sia la loro origine, il disegno del Branca (1629) di un piccolo mulino mosso dall'aria calda che sale da una fucina,[96] indica fino a che punto tali meccanismi influirono sugli ingegneri. Questi esperimenti non riuscirono a rendere disponibile una superiore fonte di energia, ma crearono un curioso sottoprodotto: l'elica a vite per le navi, e quindi l'elica degli aeroplani, sembrano derivare dalla forma delle turbine metalliche ad aria calda nei camini, piuttosto che dalle turbine idrauliche, che erano di legno e spesso con pale a cucchiaio.

Lo studio della pressione dell'aria da utilizzare nelle armi ad aria si rivelò piú importante. Armi ad aria erano, a quanto sembra, usate nell'India antica con il nome di *nālīka* (canna) per lanciare piccole frecce o palle di ferro.[97] È significativo il fatto che nell'India moderna la parola sia venuta a significare «moschetto».[98] Tuttavia, se la *nālīka* è indigena nell'India, è curioso che le cerbottane ancora in uso nell'India meridionale, usate sia con frecce che con palle di creta, abbiano in malayālam (*tūmbitān*) ed in tamil (*sungutān*), nomi che derivano chiaramente dal malese *sumpitan*, e che sembrano essere stati introdotti dalla Malesia dai musulmani insieme alla cerbottana stessa.[99] Il problema è complicato da un riferimento casuale all'uso di canne cave per la caccia degli uccelli, che si trova nel libro sulle macchine d'assedio di Apollodoro di Damasco, dedicato, all'inizio del II secolo, all'imperatore Adriano.[100]

I bizantini usavano tubi con i quali lanciavano pece greca, ma questi erano sifoni o proto-cannoni, piuttosto che cerbottane.[101] Alla fine del XII secolo un trattato arabo descrive una lancia che tira piccoli proiettili, e la chiama *madfa'*,[102] termine che è passato ad indicare arma da fuoco. Non piú tardi del 1260 circa si trovano in Persia cerbottane che lanciano frecce e che hanno il nome di *nāwak* ossia «tubo».[103] Nell'Egitto

dei mamelucchi la cerbottana lanciava piccoli proiettili (*bunḍuq*) nella caccia agli uccelli; ed il suo nome arabo *zabatāna* o *zabṭānīa*, passò in seguito a designare l'«archibugio».[104]

Eccetto due oggetti enigmatici che appaiono in due miniature del XIII secolo del «Cristo deriso»,[105] e che possono essere delle cerbottane giocattolo, in Europa mancano (dopo Apollodoro) testimonianze di cerbottane fino ad un manoscritto francese del 1320 circa, in cui è una figura grottesca che prende di mira un coniglio con qualcosa che sembra essere una cerbottana.[106] In due manoscritti del 1475 circa, uno francese e l'altro fiammingo, non vi sono possibilità di dubbio: una cerbottana è usata per tirare ad un uccello.[107] Ma già nel 1425 il suo nome, *cerbottana*, si incontra in Italia,[108] ed intorno al 1440 viene dato in Catalogna ad un lungo cannone di piccolo calibro.[109] Il nome è importante perché mostra la linea di diffusione dell'oggetto: viene dall'arabo *zabaṭāna*, che a sua volta deriva dal malese *sumpitan*.[110]

Numerose sono le armi ad aria attribuite ad inventori europei del XVI secolo, ma la documentazione è incerta.[111] Nel 1607, tuttavia, Bartolomeo Crescenzio descrive un'arma ad aria dotata di una forte molla a spirale,[112] uno strumento cosí complesso che deve aver avuto dei predecessori. Nel 1644 Mersenne parla in particolare di «sclopeti pneumatici constructio»,[113] e quattro anni piú tardi Wilkins scrive con entusiasmo di «quella recente invenzione dei fucili ad aria» che sono «quasi uguali ai nostri a polvere».[114] Intorno al 1650 Otto von Guericke, famoso per i suoi esperimenti con il vuoto e le pressioni, costruí la *Magdeburger Windbüchse*, una delle meraviglie tecniche dei suoi tempi.[115] Nel 1686 Denis Papin, i cui studi sulla motrice a vapore sono della massima importanza, descrisse un fucile ad aria nelle *Philosophical Transactions*.[116] Si può cosí tracciare a ritroso una catena di spunti tecnologici che da alcune delle maggiori figure della scienza e della tecnologia moderna, attraverso il Medioevo, giunge fino alle giungle della Malesia.[117]

Lo sviluppo dei razzi[118] è un ulteriore aspetto dell'interesse del basso Medioevo per l'energia sviluppata dai vapori e dai gas in espansione. Sostanze combustibili e vapori venefici erano stati usati da

tempo nella guerra, e continuarono ad essere usati durante il Medioevo.[119] Quando poco prima del 673 l'architetto Callinico, profugo dalla Siria, inventò il fuoco greco,[120] avviò i tecnici militari, non solo di Bisanzio, ma anche dell'Islam, della Cina, dell'Occidente, sulla strada della scoperta di miscele sempre piú combustibili. Alcune erano liquidi altamente infiammabili, altre polveri. Fra queste ultime una combinazione di carbone, zolfo e salnitro, divenne d'uso sempre piú frequente la polvere da sparo; ma essa aveva due difetti: in primo luogo le tecniche di purificazione del salnitro [121] erano imperfette, in secondo luogo la polvere non conteneva spazi di aria, che permettessero una combustione tanto rapida da divenire un'esplosione. Gli esperimenti con queste miscele ed i miglioramenti nei metodi di purificazione del salnitro, giunsero tuttavia a tal punto in tutta l'Eurasia durante il XIII secolo, che la conversione della polvere in gas avveniva tanto rapidamente da rendere inevitabile l'invenzione dei fuochi d'artificio. Le «lance di fuoco volanti» usate nel 1232 nell'assedio di Loyang e di K'ai-feng-fu, non devono essere state niente piú che delle candele romane perché lanciavano fiamme solo a qualche decina di passi.[122] Nel 1258 vengono menzionati a Colonia oggetti che probabilmente erano dei veri e propri razzi,[123] ed intorno al 1260 Ruggero Bacone li conosceva già.[124] Per quanto riguarda i razzi, tuttavia, sembra che l'Islam sia debitore all'Estremo Oriente piuttosto che all'occidente: intorno al 1248 il salnitro era conosciuto in Egitto come «neve cinese»,[125] e fra il 1280 e il 1295 il siriaco al-Hāsan al-Rammāh, che propone perfino una torpedine mossa da un razzo, chiama i razzi «frecce cinesi».[126] Non vi sono però prove di un'influenza o di una priorità cinese rispetto alle ricerche europee. D'altronde una delle piú antiche formule musulmane della polvere da sparo indica una fonte franca.[127] Per quanto si soglia ritenere che i cinesi avessero portato i fuochi d'artificio delle festività ad una perfezione estrema, le elaborate formule pirotecniche descritte nel 1540 da Vannoccio Biringuccio [128] non mostrano traccia di un'ispirazione cinese.[129] Sicché la confusa storia della nascita degli esplosivi e delle armi da fuoco è spiegabile solo come un complesso di esperimenti regionali paralleli, basati essenzialmente sulle varie forme di fuoco greco,

con scambi occasionali di miglioramenti tecnici, man mano che i metodi chimici venivano perfezionati.[130]

Nonostante il suggerimento di al-Hāsan al-Rammāh, la propulsione a reazione, eccetto che per le frecce di fuoco, non fu messa a punto prima del XV secolo, quando ingegneri italiani cominciarono a meditare sulle sue possibilità. Intorno al 1420 o poco piú tardi Giovanni da Fontana disegnò un ariete navale ed un carro armato militare spinti rispettivamente da due e tre razzi. E disegnò anche un pesce che nuota, un uccello che vola ed una lepre che corre, tutti con propulsione a reazione.[131] Sono questi i modelli per il suo *Tractatus de pisce, ave et lepore*, nel quale espone un progetto per la misurazione delle superfici, della profondità delle acque e delle altitudini per mezzo di lepri, pesci ed uccelli a reazione.[132] Che il Fontana pensasse seriamente ai problemi impliciti di questi meccanismi è indicato dal fatto che dotasse il «carro armato» non di ruote, ma di rulli, e l'ariete di una coda stabilizzatrice. Inoltre, per mezzo di una serie di esperimenti, misurò la quantità di esplosivo necessaria per lanciare i razzi a differenti altezze.[133] Alla fine del secolo (1495-1501) Francesco di Giorgio disegnò dei petardi a reazione, montati su ruote, per attaccare le fortificazioni, o su galleggianti, per affondare le navi.[134] L'attuabilità di queste macchine ha un interesse ben minore di quanto non abbia la mentalità che esse rivelano: il fermo proposito di sfruttare una nuova fonte di energia.

Naturalmente una cultura come quella del Medioevo che diveniva cosí conscia delle possibilità dell'energia, non poteva non esplorare a fondo la forza di quei «draghi di fuoco», che avevano reso possibile il razzo. Mentre la polvere da sparo ed i razzi hanno avuto, a quanto sembra, uno sviluppo internazionale, i cannoni hanno un'origine occidentale, e derivano dalla tecnica bizantina di lanciare il fuoco greco con tubi di rame.[135] Che tubi di questo tipo venissero usati in occidente anche dopo l'invenzione della polvere da sparo è indicato dalla distinzione fra *bastons à feu* e *bastons à pouldre*, nei quali ultimi veniva impiegato il ben piú esplosivo *fewe volant* invece del *fewe gregois*.[136] Furono gli occidentali che cominciarono a lanciare con questi tubi palle di

pietra e di ferro invece del fuoco,[137] anche se la prima raffigurazione di un cannone (1327) mostra il lancio di un'enorme freccia e non di una palla.[138]

L'innovazione delle palle da cannone causò delle difficoltà tecniche: in quell'epoca la metallurgia non era alla pari della chimica. Una delle piú antiche e dettagliate formule per la polvere da sparo ancora esistenti, quella data alla fine del XIII secolo da Marco Greco,[139] descrive una miscela di grande potere balistico. In seguito la quantità di salnitro venne ridotta, presumibilmente per evitare che i tubi di lancio scoppiassero cosí di frequente.[140] Non solo la miniatura del 1327, ma anche la testimonianza immediatamente successiva di un'arma da fuoco, un «pot de fer à traire garros de feu» costruito a Rouen nel 1338,[141] mostra quanto tempo fosse necessario per mettere a punto la palla da cannone. Tuttavia dei proiettili di ferro appaiono già nel 1341 a Lucca; nel 1346, in Inghilterra, vi sono due armi che sparano colpi di piombo; e palle appaiono anche a Tolosa nel 1347.[142] In seguito le testimonianze di armi di grosso calibro, ed anche di rudimentali armi portatili, divengono comuni.

I piú antichi documenti sul cannone in Cina sono costituiti da esempi chiaramente datati del 1356, 1357 e 1377:[143] ma non è necessario pensare al miracolo di uno sviluppo quasi contemporaneo in Asia. In quel periodo, nel regno degli Yüan vagava un certo numero di europei,[144] che possono aver portato la nuova tecnologia verso l'est. Stranamente non vi sono tracce di cannoni in India prima del XVI secolo, quando furono introdotti dai portoghesi e, nelle regioni nord-occidentali, dai musulmani.[145]

Il problema della diffusione delle armi da fuoco nell'Islam è complicato dal fatto che il termine arabo *naft* significa sia «fuoco greco» che «polvere da sparo».[146] Il primo uso certo della polvere da sparo da parte dell'artiglieria saracena si ebbe al Cairo, nel 1366, e ad Alessandria, nel 1376; intorno al 1389 essa era divenuta comune sia in Egitto che in Siria.[147] L'Islam era dunque arretrato di una quarantina d'anni, all'incirca, rispetto all'Europa.

Il cannone non è importante solo di per sé, come macchina bellica

che impiega energia; è anche un motore a combustione interna ad un cilindro, e tutti i motori moderni di questo tipo discendono dal cannone. Il primo tentativo di sostituire con un pistone la palla di cannone, quello di Leonardo da Vinci,[148] prevedeva l'uso della polvere da sparo come combustibile; cosí pure il brevetto di Samuel Moreland nel 1661,[149] il motore sperimentale a pistone del Huygens del 1673,[150] ed una pompa pneumatica parigina del 1674.[151] E naturalmente la chiara derivazione di tali apparecchi dal cannone continuò ad ostacolarne lo sviluppo fino al XIX secolo, quando i combustibili liquidi sostituirono quelli in polvere.

La principale difficoltà dei costruttori d'armi del basso Medioevo consisteva nel fatto che la loro polvere da sparo era un miscuglio di carbone, zolfo e salnitro, e le scosse, durante il trasporto, portavano il salnitro, piú pesante, sul fondo, ed il carbone, piú leggero, in superficie; inoltre la mancanza di una quantità adeguata di aria fra le particelle ritardava l'esplosione. Una combustione lenta e relativamente inefficiente costringeva gli artificieri a pressare la polvere nel cannone con un blocco di legno, e chiudere quindi il colpo con stracci o creta allo scopo di contenere il gas finché non raggiungesse la pressione necessaria per il tiro.[152] Questo difficile problema fu in gran parte risolto intorno al 1420, con l'invenzione della polvere da sparo in grani.[153] Mantenendo i tre componenti nel medesimo rapporto in tutta la massa della polvere, e fornendo un'equa distribuzione di piú ampi spazi d'aria, la polvere in grani rese l'esplosione uniforme e praticamente istantanea. Il cannone divenne una macchina da guerra efficiente, ed il fatto che cosí il caricamento potesse essere meno complesso portò le armi da fuoco portatili da un livello di arma psicologica a quello di strumento di uccisione.[154]

La forza dell'acqua corrente e del vento, l'energia dei gas e dei vapori in espansione conquistarono l'immaginazione dei tecnici del basso Medioevo, e a loro volta furono in parte imprigionate dall'abilità di costoro. Ma, come ben sapevano tutti gli aristotelici, ogni oggetto tangibile tende verso il centro della terra per quella medesima ricerca del luogo naturale che fa scorrere l'acqua a valle. Era concepibile che

anche questa forza potesse essere impiegata per azionare le macchine?

La stessa violenza della forza di gravità era l'ostacolo principale al suo impiego. A dire il vero gli automi che abbellivano i templi e le corti ellenistiche, dell'antico Iran, di Bisanzio e dell'Islam [155] erano generalmente azionati dal peso dell'acqua che affluiva in un vaso finché questo non diveniva pesante al punto da abbassarsi ed azionare una leva; ed in unione a questi meccanismi venivano usati pesi di metallo per controbilanciare e mantenere la tensione di corde legate intorno agli assi. Ma la mancanza di un qualsiasi meccanismo di «scappamento», al di fuori dell'acqua e del mercurio, per controllare l'afflusso di energia in un motore, aveva scoraggiato un impiego piú esteso della forza di gravità.

Nell'antichità greco-romana si era sviluppata l'artiglieria a torsione, basata cioè sulla torsione di fibre, generalmente capelli.[156] Ma il sistema per quanto fosse adatto alle campagne estive nell'asciutto clima mediterraneo, era di scarsa utilità sotto le piogge dell'Europa settentrionale, dove le fibre bagnate perdevano troppo facilmente l'elasticità.

L'Europa deve alla Cina l'ispirazione iniziale di un nuovo tipo di artiglieria, che sotto il nome di *huo-p'ao* appare per la prima volta nel 1004 d. C.[157] La nuova arma consisteva in un grosso braccio con fionda imperniato su di un telaio e azionato da uomini che tiravano all'unisono delle corde attaccate all'estremità del braccio priva di fionda. Essa fa una prima comparsa in Europa in un manoscritto mozarabico dell'inizio del XII secolo,[158] ed appare di nuovo nel 1147 durante l'assalto dei crociati del nord a Lisbona.[159]

Lo sviluppo di questa macchina fu rapido ed internazionale. Un trattato arabo scritto in Siria fra il 1187 ed il 1192 non solo parla di forme arabe, turche e franche della nuova arma, ma ne descrive ed illustra una versione ben piú complessa, attribuita alla Persia, azionata da un contrappeso oscillante.[160] In Europa è conosciuta intorno al 1199 [161] con il nome di *trebuchet* (trabucco),[162] ed è strano che questa interessante sostituzione della forza di gravità alla forza umana debba essere fatta risalire da fonte siriana all'Iran, perché dopo il 1220 circa le

fonti orientali chiamano frequentemente queste macchine *maghribī*, che significa «occidentale» e forse «franco».[103] Inoltre mentre i *trebuchets* si diffondono con grande rapidità in Europa, e rimpiazzano rapidamente le vecchie macchine a torsione,[104] la nuova e piú potente artiglieria sembra essere entrata a far parte in un modo determinante dell'esercito mamelucco solo nella seconda metà del XIII secolo.[105] Nel 1276 un artigiano tedesco ed un cristiano nestoriano introdussero in Cina, secondo la testimonianza dei Polo, l'artiglieria a contrappesi, e deliziarono il Gran Khan costringendo con essa una città ad arrendersi.[106]

Il *trebuchet* - abbia avuto origine nel Vicino Oriente o in Europa - è importante quale prima significativa utilizzazione meccanica della forza di gravità. Qui la mancanza di uno «scappamento» non costituiva un ostacolo: la violenza è appropriata alla guerra. Esperimenti moderni hanno dimostrato che mentre un *trebuchet* con un braccio di 15 metri ed un contrappeso di 10 tonnellate può lanciare una pietra di 100-150 kg fino a circa 300 metri, una catapulta romana non può far di meglio che lanciare una pietra di 20-30 kg lungo una traiettoria piú bassa fino a circa 450 metri.[107] Poiché negli assedi la distanza era meno importante del peso del proiettile, il *trebuchet* segnò un grande potenziamento dell'artiglieria.[108]

Con un esempio cosí spettacolare dell'uso della forza di gravità dinanzi agli occhi, i tecnici del XIII secolo tentarono di imbrigliarla per risolvere uno dei loro problemi piú pressanti: l'invenzione di un orologio adeguato. Gli orologi ad acqua inventati nell'antichità non erano pratici per il Nord perché d'inverno gelavano; quelli a sabbia,[109] creati per eliminare questo difetto, si dimostrarono inadatti salvo che per misurare brevi lassi di tempo, perché la sabbia allargava lentamente l'apertura attraverso la quale fluiva, e non giaceva in piano nel contenitore inferiore. Un misuratore meccanico del tempo azionato a pesi sembrò la migliore soluzione; cosí i contemporanei di san Tommaso d'Aquino si misero d'impegno per costruirne uno.

Il compito non era facile, e contemplando i superbi risultati si comprende che il Medioevo ha segnato un momento determinante non

solo nella ricerca delle fonti di energia, ma anche nell'invenzione dei mezzi con i quali l'energia può essere controllata e guidata. Ma prima dell'orologio meccanico, dobbiamo esaminare alcuni di questi meccanismi, perché essi ci aiutano a spiegare la nuova atmosfera tecnologica della fine del XIII secolo che rese possibile l'orologio.

II. Lo sviluppo della progettazione

Dopo la ruota, la manovella[170] è il piú importante meccanismo elementare, in quanto è il mezzo principale per la trasformazione del moto rotatorio continuo in moto rettilineo alternativo, e viceversa. La manovella rimane un enigma non solo storico, ma anche psicologico; la mente umana sembra infatti respingerla. Il primo esempio certo di moto a manovella ricorre nel già menzionato mantice idraulico del 31 d. C., in Cina,[171] e la prima manovella si incontra nel modello della dinastia Han (tav. 4), proveniente dall'Honan nord occidentale, ora nella William Rockhill Nelson Gallery di Kansas City, che non è posteriore alla fine del II secolo d. C.[172] Esso rappresenta una macchina agricola per vagliare il riso, con un vaglio rotante mosso da una manovella. Questo strumento è tuttora usato in Cina,[173] e ricompare stranamente nel 1768 fra i contadini dell'Austria superiore e della Transilvania.[174] Tuttavia uno studioso della tecnologia cinese degli inizi del XX secolo rileva che ancora una generazione fa i cinesi non avevano affatto raggiunto lo stadio nel quale il movimento rotatorio viene sostituito con il movimento alternativo in procedimenti tecnici come il trapano, il tornio, la sega, etc. Per compiere questo passo è necessaria una certa familiarità con la manovella. La manovella di tipo elementare s'incontra nel [moderno] argano cinese, ma quest'uso del meccanismo non sembra,

tuttavia, aver dato alcun impulso alla trasformazione del moto alternativo in rotatorio in altri macchinari».[175] In Cina, dunque, la manovella era conosciuta, ma essa rimase dormiente per almeno diciannove secoli, e le sue infinite possibilità meccaniche d'impiego rimasero sconosciute e non sfruttate. È possibile che essa sia stata del pari conosciuta e negletta nell'antico Occidente?

James H. Breasted sostenne che la manovella, come la coscienza, era nata nell'antico Egitto,[176] sotto forma di un trapano a pesi che egli riteneva fosse azionato a manovella. Tuttavia la parte curva superiore di questo trapano è stata ora piú probabilmente identificata con un corno di animale che veniva tenuto con la mano sinistra per mantenere fermo lo strumento, mentre la mano destra spingeva i pesi laterali.[177]

Dai greci e dai romani non ci è giunta direttamente alcuna raffigurazione di manovella.[178] Tuttavia molti studiosi moderni hanno ricostruito tali meccanismi antichi, come la diottra di Erone, con una piccola manovella sulla vite per la regolazione posta sulla base dello strumento, semplicemente perché secondo loro è questa la maniera nella quale un uomo ragionevole l'avrebbe costruita, e non perché ci rimangano prove di questa manovella.[179] Analogamente i disegni, rinascimentali o moderni, della cosiddetta «vite di Archimede», la mostrano in genere a manovella, mentre tutti gli esempi rimastici, i testi e le pitture antiche, mostrano come tali strumenti per il sollevamento delle acque fossero azionati, nell'antichità, con i piedi.[180]

L'affermazione piú decisa della scoperta di manovelle in periodo classico è costituita dalle navi di Nemi. Nel 1929 Mussolini cominciò a far dragare il lago di Nemi fino a scoprire gli scafi di due imbarcazioni cerimoniali costruite forse sotto Caligola (37-41 d. C.); e si scoprirono i resti di una catena continua di secchi [181] per svuotare l'acqua di sentina. Questa fu ricostruita non solo con manovelle, ma con le manovelle montate su un volano.[182] Se la ricostruzione è corretta essa segna una tappa nella storia della tecnologia: ci fornisce infatti la prima manovella dell'Occidente, ed il primo volano del mondo applicato in una operazione complessa.[183]

Gli archeologi occupati nell'impresa di Nemi hanno pubblicato uno scrupoloso elenco nel quale è indicato dove e quando ciascun oggetto fu rinvenuto. In ciascuna delle due navi è stato ritrovato un condotto di legno per svuotare fuori bordo l'acqua della sentina una volta che questa era stata sollevata al livello del ponte. Questo significa che probabilmente ciascuna imbarcazione aveva un solo apparato per il sollevamento dell'acqua. Considerando che queste navi erano ormeggiate in un piccolo lago (1,67 kmq), riparato in un antico cratere privo di emissari naturali, tale dotazione avrebbe dovuto essere sufficiente. Nel 1929, vicino al condotto di scarico della sentina della prima nave, fu trovata una ruota dentata che può legittimamente essere interpretata come parte di una «noria» a tazze.[184] Nel 1931, quando fu esaminato il secondo scafo fu trovato il pistone di una pompa vicino al condotto.[185] In questa seconda nave, ma ad una distanza considerevole dai resti della pompa e del condotto, fu trovato un disco di legno con un foro centrale quadrato, e, vicino al margine, un altro foro quadrato nel quale era inserito quello che sembrava essere un manico.[186] Nonostante l'improbabilità che avessero a che fare con una macchina per sollevare l'acqua anche nella seconda imbarcazione, questi frammenti furono arbitrariamente uniti alla ruota dentata, trovata due anni prima nella prima nave, e venne cosí ricostruita una «noria» a tazze a manovella, del tutto plausibile per una mente del XX secolo, ma archeologicamente fantastica. Prima di accettare questo disco imperniato ed il suo piolo eccentrico come volano e manovella, dobbiamo apprendere ancora molto sull'evoluzione tecnologica dell'impero romano.[187] Per giudicare la funzione di questi frammenti è importante notare che il piolo di legno ha una lunghezza totale di 37 cm dal punto in cui si inserisce nel disco, e che nella parte piú sottile ha uno spessore di solo 0,83 cm (tav. 5): è cosí sottile che si sarebbe subito rotto se gli si fosse applicata la forza necessaria a sollevare anche un piccolo peso.

Mancando di precise testimonianze archeologiche sulla manovella nell'antichità classica ci dobbiamo rivolgere a quei testi dai quali si è preteso di poter trarre tale prova.[188] Il problema sta tutto nel significato

della parola χειρολάβη (o χειρολαβίς) che ricorre in alcuni trattati meccanici, e, nel problema a questo connesso, se i copisti bizantini e rinascimentali abbiano modificato i disegni di questi trattati aggiungendo manovelle lí dove sembravano loro necessarie.

Mentre χειρολάβη etimologicamente potrebbe indicare qualsiasi manico, aveva in realtà il significato specifico di «manico dell'aratro», ciò che ha indotto la maggior parte degli studiosi a darle il significato di «manovella» in un contesto meccanico. Il Cohen e il Drabkin l'hanno tradotta cosí in un passo della *Meccanica* di Erone, e in un altro della *Diottra*, e nel primo esempio riproducono la ricostruzione tradizionale che mostra una manovella.[189] Tuttavia in ciascuno di questi passi χειρολάβη può essere interpretata non come manovella, ma come un manico a T da applicare sulla terminazione quadrata di un albero invece di forarne l'estremità per inserirvi una traversa per farlo ruotare. È della massima importanza che il disegno connesso al termine χειρολαβίς che appare una volta sola nella *Pneumatica* di Erone, mostri chiaramente non una manovella, ma proprio questo manico a T.[190] Questo può ben essere il primo *stratum* di un disegno non ancora modernizzato. Sfortunatamente, alla maggior parte degli studiosi, fatta eccezione per gli storici dell'arte e gli archeologi, è stato insegnato ad osservare attentamente le parole piuttosto che le cose o le immagini.[191] Gli editori hanno concentrato la loro attenzione sulle varianti testuali piuttosto che su quelle iconografiche, nella trasmissione dei trattati greci di meccanica. Tutti i manoscritti rimastici di queste opere provengono da epoche nelle quali la manovella era conosciuta, e finché la tradizione delle loro illustrazioni non sarà stata analizzata accuratamente,[192] questi disegni non potranno essere utilizzati quali prove che nel periodo classico del Mediterraneo la manovella fosse conosciuta.

Se non la manovella in sé, è possibile trovare degli esempi di moto «a manovella» nell'antichità, fuori della Cina?

La prima sicura apparizione di un moto «a manovella» si trova nell'uso delle macine a mano:[193] le due piú antiche macine per macinare, il mortaio e la macina a sella, comportano entrambe il moto

alternativo: per pestare o per macinare. Nella regione dell'Egeo e del mar Nero la pietra superiore della macina a sella venne gradualmente incavata per servire da tramoggia. Da questa derivò il mulino «a leva», nel quale il manico della pietra superiore era fissato da una parte alla pietra in modo da poter manovrare meglio di leva tirando e spingendo con l'altra estremità. Verso l' VIII secolo a. C. numerosi esperimenti con le macine a tramoggia portarono il manico al centro della pietra superiore, creando cosí la macina vera e propria e, infine, le grandi macine a forma di clessidra ruotate da muli o da schiavi, che, imbrigliati a stanghe radiali, giravano continuamente intorno alla macina.[194]

Ma, mentre questa grande *mola versatilis* adottava il moto rotatorio continuo, cosa che naturalmente avveniva anche nel mulino ad acqua del I secolo a. C.,[195] non è assolutamente chiaro quando tale moto fu adottato per la prima volta dalle macine.[196] Solo recentemente gli archeologi si sono accorti che, dal momento che i ritrovamenti di macine sono molto comuni, se fosse possibile tracciarne dei modelli di sviluppo, questi sarebbero della massima utilità per le datazioni e per ricostruire le influenze culturali. Pochi studiosi che si sono accostati al problema si lamentano in genere della scarsa cura con cui spesso vengono registrate le stratificazioni relative alle macine; tuttavia neppure quell'illuminata minoranza di studiosi che ha rivolto la propria attenzione alle macine ne ha riconosciuto l'importanza dal punto di vista della meccanica applicata. Le ricostruzioni delle parti in legno distrutte mostrano quasi sempre un manico verticale, che è il manico oggi adottato: ma le cose erano in realtà meno semplici.

Per molte generazioni non si comprese che il grano viene macinato non tanto dal peso della pietra superiore quanto dal movimento, e che la farina tende comunque ad uscire dai lati sia con una pietra inferiore piana che con una conica. Di conseguenza le prime macine erano piuttosto pesanti, ed il manico, o i manici, erano inseriti orizzontalmente nel lato della pietra superiore, come le stanghe laterali di un mulino a maneggio. Con tali macine i mugnai adottavano un movimento oscillante, in avanti e all'indietro; tre di queste macine sono state

trovate *in situ* a Vetulonia, cosí accostate alle pareti che la rotazione completa sarebbe stata impossibile anche se la posizione delle mani venisse mutata durante la rotazione.[197]

Con il passar dei secoli le pietre delle macine divennero sempre piú piane e piú sottili. A volte il foro nel lato della pietra superiore veniva curvato in su, fino a spuntare nella parte superiore, ed una corda passata attraverso i due fori serviva da manico: ma il modo in cui sono consumati i bordi dei fori indica che il moto era ancora alternativo.[198] Man mano che la pietra superiore diveniva piú leggera era sempre piú difficile inserirvi orizzontalmente il manico, il cui angolo, spostandosi verso l'alto, finirà per fargli assumere una posizione verticale.

Ora, finalmente, con un manico verticale diviene possibile la rotazione continua della macina con moto «a manovella». Ma quando ciò avvenne effettivamente? Ancora nel XIX secolo nelle isole Shetland le macine venivano frequentemente azionate da due donne con un movimento di avanti e indietro.[199] Inoltre quando si ritrovano, come avviene frequentemente, due fori verticali sulla pietra superiore, o due scanalature sui lati opposti, non è affatto sicuro che si usassero manici verticali; piú probabilmente una barra orizzontale, fissata per mezzo di questi solchi o scanalature si prolungava lateralmente a guisa di manico.[200] Solo quando ci troviamo di fronte ad una pietra superiore completa che presenta un solo foro verticale, possiamo ritenere che il manico fosse disposto in modo tale da permettere il moto «a manovella».

La datazione di queste macine è tuttavia molto incerta. A Saalburg, nel *limes*, si sono trovate piú di cento macine dal I fino alla fine del III secolo d. C., che presentano tutte solchi laterali piuttosto che verticali.[201] Ho visto all'università di Yale una macina non pubblicata con un solo foro verticale per il manico, trovata a Dura Europos, e che risale quindi al piú tardi al 256 d. C. Vorremmo però esser certi della sua stratificazione, e che non sia stata abbandonata a Dura da viaggiatori che sostarono fra le rovine; un esperto sostiene infatti che tali macine erano sconosciute in Palestina ed in Siria prima dell'età musul-

mana.[202] Discussioni successive non hanno invalidato l'ipotesi di Cecil Curwen, avanzata nel 1937, che le macine con un solo manico verticale siano, almeno in Inghilterra «di tipo tardo o post-romano».[203]

Seduto di fronte ad una macina ad un solo manico verticale, un uomo del XX secolo le imprimerebbe un movimento rotatorio; è molto sicuro, però, che un uomo della decadenza dell'impero romano avrebbe fatto altrettanto. Il movimento «a manovella» è stata un'invenzione cinetica ben piú difficile di quanto si possa immaginare. Tuttavia ad un certo punto il senso di quale fosse il movimento piú appropriato mutò, e dalla macina rotante scaturí una nuova macchina: la mola rotante che, come indica il termine latino *mola fabri*, è la pietra superiore di una macina fatta ruotare verticalmente e resa atta ad affilare. Con la mola rotante appare in occidente la manovella.

Il Salterio di Utrecht, miniato nella regione di Reims fra l'816 e l'834 [204] mostra sia la prima mola rotante,[205] che la prima manovella europea.

La manovella meccanica è qualcosa di straordinario non solo per la sua tarda invenzione, o per l'origine cinese, ma anche per il ritardo quasi incredibile con il quale, una volta inventata, è stata assimilata dal pensiero tecnologico. Dopo la mola, l'applicazione successiva [206] si ha nell'*organistrum*. Un breve trattato musicale, attribuito con molta incertezza all'abate Oddone di Cluny (m. 942), descrive uno strumento a corda con tasti che veniva suonato per mezzo di una ruota di resina azionata da una manovella.[207] Non si ha tuttavia alcuna rappresentazione di questo strumento anteriore al XII secolo, quando se ne incontrano due. [208] Sempre del XII secolo è un'immagine della Fortuna che fa girare con una manovella la ruota del destino; ma, cosa davvero divertente, il miniaturista sembra proprio ignorare il funzionamento della manovella.[209] Il XIII secolo non ci offre che qualche altro *organistrum*,[210] ed un'altra Fortuna che manovra una manovella,[211] che questa volta funziona bene. Nonostante un'innovazione teorica rivoluzionaria, della quale parleremo fra breve, il XIV secolo non presenta niente di nuovo nel campo delle applicazioni. Il martinetto a manovella per caricare la pesante balestra di acciaio è spesso fatto risa-

lire al XIV secolo,[212] e nella Cambogia, del XIII secolo, troviamo una grande balestra khmer, azionata da due uomini con due manovelle.[213] Per l'Europa, tuttavia, non si hanno testimonianze sicure prima del 1405 circa, quando le inedite illustrazioni di Konrad Kyeser al *Bellifortis* riproducono cinque differenti strumenti a manovella destinati a questo scopo.[214] Il Kyeser illustra solo tre altre applicazioni molto semplici della manovella;[215] per il resto, da quei tempi non è rimasto niente di piú eccitante di un aspo a manovella per avvolgere matasse di filo.[216] All'inizio del '400, almeno dodici secoli dopo la sua scoperta in Cina, e sei dopo la prima comparsa in Europa, la manovella era ancora praticamente inutilizzata nella tecnologia. E, per quanto riguarda l'Islam e Bisanzio, non trovo testimonianze certe, anche della piú semplice applicazione della manovella, prima del libro di al-Jazarī del 1206 d. C.[217]

Durante il XIV secolo stava però germinando qualcosa di nuovo. Nel Salterio Luttrell, databile intorno al 1340, troviamo una mola, allora in uso, azionata da due manovelle, ciascuna all'estremità del suo albero,[218] come nel caso della *balista* cambogiana appena ricordata. Nel 1335 il famoso medico italiano Guido da Vigevano, che viveva allora a Parigi, inserisce nell'inedito *Texaurus regis Francie acquisitionis terre sancte*, volto ad incitare Filippo VI ad una nuova crociata, un capitolo sulle macchine militari progettate per sottomettere i pagani, probabilmente inventate da Guido stesso. In due illustrazioni del manoscritto[219] egli ha combinato, con geniale intuizione, le due manovelle che erano all'estremità dell'albero nella mola tipo Luttrell, per formare una manovella composta al centro dell'albero. Guido era una delle menti piú avventurose della sua epoca,[220] ed uno studioso moderno ha dichiarato che «è evidente che egli possedeva una notevole abilità tecnica».[221] Non vi è però nessuna prova che le macchine da lui progettate siano state mai realizzate; i suoi disegni mostrano tuttavia che nuove idee sulla manovella erano nell'aria.

La prima applicazione pratica della manovella composta, il girabacchino, fu inventata intorno al 1420 da un artigiano fiammingo.[222] La prima raffigurazione di tale oggetto ricorre in un pannello dell'altare

di san Tommaso, di Meister Francke, commissionato nel 1424;[223] la seconda, nell'altare de Mérode, del Maestro di Flemalle del 1427-8;[224] la terza in una miniatura francese o borgognona del 1430 del Messale Bedford.[225] Da tale distribuzione appare evidente che la manovella composta a forma di girabacchino è originaria dell'Europa settentrionale. La sua prima comparsa in Italia, nel taccuino di Giovanni da Fontana del 1420-49 circa, dimostra che Fontana non l'aveva vista direttamente, ma aveva soltanto sentito parlare di un succhiello a manovella, ed il suo schizzo rappresenta un attrezzo che non può funzionare (tav. 6).[226]

Ma ora, finalmente, l'idea della manovella, a lungo sopita in Europa, cominciava improvvisamente a destarsi. Intorno al 1430 la manovella composta era stata trasferita dal girabacchino al progetto di una macchina di un tipo senza precedenti, a giudicare dal taccuino di un ingegnere militare tedesco delle guerre ussite. In primo luogo alla manovella fu applicata la biella, sostituto meccanico del braccio umano;[227] in secondo luogo apparvero manovelle doppie collegate, sempre dotate di bielle.[228] In terzo luogo alle manovelle fu applicato il volano, in modo da eliminare il «punto morto», che rappresenta la maggiore difficoltà del moto meccanico della manovella.[229]

Il primo esempio di manovella composta e di biella, in Italia, si trova in un manoscritto di Mariano di Jacopo Taccola, che non è anteriore al 1441, né posteriore al 1458,[230] ma il disegno (tav. 7) dimostra una scarsa comprensione del movimento. Tuttavia un disegno, ora al Louvre, del Pisanello, che morí intorno al 1456, e non viaggiò mai fuori dell'Italia, raffigura lucidamente una pompa a pistone mossa da una ruota idraulica, ed azionata da due manovelle semplici e due bielle.[231]

E in effetti il successivo, e forse l'ultimo fondamentale passo nella ricerca delle possibilità cinetiche della biella e della manovella può essere attribuito all'Italia. Intorno al 1430 l'ingegnere militare tedesco delle guerre ussite aveva riesumato [232] l'idea di Guido da Vigevano,[233] pubblicata originariamente in Francia, di una barca con due coppie di ruote a pale mosse da uomini che azionavano una manovella composta sull'albero di ciascuna coppia di ruote. Solo una generazione piú tardi, nel 1463, Roberto Valturio mostra come l'idea non solo sia

conosciuta, ma anche sia stata perfezionata in Italia: raffigura una barca con cinque coppie di ruote, nelle quali le singole manovelle sono collegate ad una fonte d'energia unica per mezzo di una biella.[234] Questo accorgimento per trasferire il moto rotatorio ad un piano parallelo appare anche in un manoscritto fiorentino del *Trattato di architettura* (1482-1501), di Francesco di Giorgio (tav. 8).[235]

Anche se non vi sono esempi antichi di manovelle composte in Cina è stata scoperta una manovella singola con biella, utilizzata in un mulino a mano per la scortecciatura del riso, intorno al 1462, se cosí possono essere interpretate le illustrazioni simili, di un'edizione giapponese del 1676, e di un'edizione cinese del 1696, derivate ambedue, indipendentemente, da un'edizione di quella data.[236]

Gli studiosi di meccanica applicata sono d'accordo sul fatto che «il progresso meccanico che contraddistingue l'epoca moderna è il passaggio dal moto alternato al moto rotatorio»,[237] e la manovella è il presupposto di questo sviluppo. La comparsa, intorno al 1420, del girabacchino, ed intorno al 1430, della manovella composta doppia e della biella, segna il passo piú importante nella rivoluzione della progettazione delle macchine del basso Medioevo. Questi meccanismi furono assimilati con straordinaria rapidità dal pensiero tecnologico europeo, ed ebbero un larghissimo campo di applicazione.[238] Come è possibile spiegare il ritardo di tanti secoli, non solo nella scoperta iniziale della manovella semplice, ma anche nella sua elaborazione e applicazione su vasta scala?

Il movimento rotatorio continuo è tipico della materia inorganica, mentre il moto alternativo è l'unica forma di movimento che s'incontri nelle creature viventi. La manovella collega questi due tipi di moto, perciò noi, che apparteniamo al mondo organico, troviamo che il movimento a manovella non ci riesce facile. Il grande fisico e filosofo Ernst Mach notò che i fanciulli trovano difficile imparare il moto a manovella.[239] Nonostante la mola rotante, anche oggi i rasoi vengono affilati anziché arrotati: il movimento rotatorio si scontra con la nostra piú profonda sensibilità. Cosí l'*organistrum* venne subito in disuso quale strumento per la musica seria, lasciando all'archetto a movimento alterna-

tivo – introdotto nel x secolo [240] – il compito di divenire il fondamento dello sviluppo musicale dell'Europa moderna. Per usare una manovella i nostri muscoli ed i nostri tendini devono uniformarsi al moto delle galassie e degli elettroni; la nostra specie ha a lungo indugiato di fronte a questa avventura « inumana ».

Approfondendo i problemi del moto rotatorio continuo i tecnici scoprirono che i volani ed altre forme di regolatori meccanici erano necessari per eliminare l'irregolarità dell'impulso e per superare i «punti morti». Il volano appare per la prima volta alla fine dell'xi secolo quale elemento di una macchina in un trattato di tecnologia del monaco Teofilo, il quale parla di una «rotula sive lignea sive plumbea tornatilis» sull'albero di un piccolo mulino per la frantumazione dei pigmenti dotato di un pestello rotante, ed anche di una «rotula plumbi parvula» sull'alberetto di un trapano.[241] Nel secondo quarto del xiv secolo Giovanni Buridano a conferma della sua nuova teoria dell'impeto, osservava che la mola continua a girare anche molto tempo dopo che si è tolta la mano, volendo dimostrare cosí che la macina accumula energia o *vis impressa*.[242] Si è già segnalato un volano applicato ad un meccanismo di grosse proporzioni intorno al 1430, nel taccuino di un anonimo ingegnere delle guerre ussite.[243] L'entusiasmo degli ingegneri del Rinascimento per la combinazione volano-manovella fu tale che essi cercarono frequentemente di fonderli incurvando la sezione centrale o tratto di congiunzione delle manovelle in forma di semicerchio. Nel 1567 Giuseppe Ceredi sottolinea, nella prima analisi teorica della manovella che io abbia trovato, che si tratta di un accorgimento inutile,[244] tuttavia manovelle ricurve continuarono ad essere diffuse fino al xix secolo.

Verso la fine del xv secolo s'incontra in Europa un nuovo tipo di regolatore che, come il mulino a vento ad asse verticale e la turbina ad aria calda,[245] fu probabilmente portato dal Tibet da schiavi dell'Asia centrale, che erano cosí numerosi nell'Italia di quel tempo.[246] Come l'arma da fuoco portatile deriva dal cannone, e l'orologio da polso da quello da campanile, cosí la ruota delle preghiere portatile del Tibet era senza dubbio l'adattamento ad un uso individuale di uno strumento antico [247] che veniva azionato da un gruppo. Ma esso compor-

tava una importante innovazione meccanica: un piccolo regolatore, costituito da una sfera legata ad una catena, attaccato all'esterno del cilindro per mantenerlo in rotazione. Intorno al 1480 troviamo in Germania una sfera di metallo collegata ad una manovella composta di una coppia, per controbilanciare la spinta di una biella sulla seconda manovella.[248] Nel manoscritto di Francesco di Giorgio, del 1482-1501 [249] (tav. 9), vi è un regolatore a sfera e catena esattamente del tipo tibetano, accoppiato a manovelle composte e bielle; e nel 1507 troviamo uno spiedo, la cui rotazione veniva regolarizzata da tre pesi che ruotavano intorno ad un asse verticale.[250]

L'interesse dei tecnici del XV secolo per il moto rotatorio continuo era cosí grande che il pendolo, l'elemento regolatore base del moto alternativo fu sottovalutato. Nell'ultimo decennio del secolo il genio di Leonardo ne intuí l'importanza,[251] ma le sue possibilità di impiego per seghe, mantici e pompe non furono previste con chiarezza che nel 1569, con l'opera del Besson.[252]

Strettamente connessa con la manovella ed il volano è un'altra invenzione medioevale: il pedale. Non vi sono elementi per affermare che nell'antichità un qualche tipo di pedale fosse conosciuto,[253] salvo che in Cina, dove era usato nei telai intorno alla metà del II secolo d. C. [254] In Europa le prime testimonianze sul pedale s'incontrano nella descrizione di Alessandro Neckam della tecnica di tessitura, nell'ultimo scorcio del XII secolo,[255] in reperti archeologici dell'inizio del XIII,[256] ed in una raffigurazione inglese di un telaio della metà del XIII secolo.[257] Nelle vetrate e nelle miniature del XIII secolo sono frequenti i telai a pedale,[258] come anche i torni a pedale.[259] E, tenuto conto di ciò, è strano che il pedale non sia stato impiegato, a quanto sembra, nell'organo a canne (la «macchina» piú complessa di tutto il Medioevo), sotto forma di tastiera a pedale, prima del 1418 circa.[260]

Connesse al pedale erano la molla costituita da un palo flessibile e da un archetto. Mentre la molla era nota ai greci ed ai romani negli archi, trappole e macchine militari, il solo esempio di una molla usata nell'età classica come elemento per il funzionamento continuo di una macchina ci viene dall'organo ad acqua, che aveva una

molla di corno elastico o di metallo per far cessare la nota dopo che era stata abbassata la tavoletta scorrevole perforata per produrre il suono.[261] La molla non compare nella progettazione di macchine prima del 1235 circa, quando nel taccuino di Villard de Honnecourt troviamo una molla costituita da un'asta flessibile che imprime la corsa ascendente ad una sega azionata da una ruota idraulica.[262] Questo disegno, incidentalmente rappresenta la prima macchina motrice industriale automatica che comporti due moti: oltre alla conversione del moto circolare delle ruote nel moto alternativo della sega, vi è un movimento automatico di avanzamento che tiene il tronco accostato alla sega. Poco dopo il 1235 troviamo a Boppard, nella Renania,[263] una molla sospesa, accoppiata ad un pedale, usata al posto di una puleggia per azionare i licci di un telaio, e nella vetrata dei carpentieri a Chartres (1215-40) si vede una sega verticale azionata a pedale e con molla sospesa.[264]

Intorno al 1250 molle aeree venivano impiegate per azionare torni: anticamente il tornio veniva mosso da un archetto tenuto con la sinistra, la cui corda era avvoltolata intorno al mandrino del tornio; ora la corda passa dal pedale alla molla sospesa, lasciando libere ambedue le mani dell'artigiano.[265] Questo meccanismo s'incontra ancora nel 1500, nella piú antica macchina utensile rimastaci, il tornio preferito dell'imperatore Massimiliano,[266] anche se, nel 1480-82 circa, Leonardo da Vinci aveva già disegnato un tornio a pedale, manovella composta, e volano,[267] che aumentava notevolmente l'efficienza, sostituendo il movimento rotatorio continuo alla rotazione alternata connessa all'azione della molla e del pedale.

Ancora piú importante nel progressivo perfezionamento della progettazione delle macchine, fu il filatoio. Questo strumento appare intorno al 1280 a Spira, in un regolamento che autorizza l'uso del filo di mulinello nella trama ma non nell'ordito dei tessuti,[268] e nel 1288 ad Abbeville [269] in una disposizione che ne vieta l'uso, probabilmente perché il filo non era sufficientemente resistente. Tipi diversi di filatoi vengono utilizzati per tutta l'Asia, e la sua origine è generalmente attribuita all'India.[270] Fino ad ora, tuttavia, la sua comparsa in India ed in Cina non può essere datata.

Il filatoio è interessante dal punto di vista meccanico non solo perché è il primo esempio di trasmissione a cinghia ed un esempio, fra i piú antichi, di applicazione del principio del volano, ma anche perché concentra l'attenzione sul problema della produzione e del controllo di velocità diverse delle parti mobili di una stessa macchina, che compiono movimenti differenti. Un solo giro della grande ruota, faceva girare piú volte il fuso; ma, non contenti di ciò, intorno al 1480,[271] gli artigiani avevano messo a punto un'aletta ad U, che ruotava attorno al fuso, e permetteva di compiere simultaneamente sia la filatura che l'avvolgimento del filo sulla bobina. Perché ciò fosse possibile era necessario che l'aletta ed il fuso ruotassero a velocità differenti, ciascuno azionato per suo conto con una propria cinghia dalla ruota grande, che, naturalmente, girava ad una terza velocità. Finalmente, verso il 1524, manovella, biella e pedale furono applicati al filatoio.[272]

Lo studio piú importante sulle velocità differenziali fu tuttavia effettuato in relazione a quell'ingegnosa invenzione medioevale che fu l'orologio meccanico. Come si è già detto, gli ingegneri del XIII secolo furono attratti dal problema di creare un orologio azionato dalla forza di gravità. La difficoltà era quella di trovare uno scappamento, vale a dire un mezzo per ottenere un flusso costante di energia nel meccanismo. La storia della tecnologia non offriva precedenti per un tentativo di questo genere, fatta eccezione per il dispositivo ottenuto con un flusso d'acqua, che non era soddisfacente in un clima nel quale il gelo era frequente.

Già alla fine del XII secolo il mercato di orologi ad acqua era tanto rilevante che intorno al 1183 si menziona a Colonia una gilda di orologiai, ed intorno al 1220 essi occupavano, in quella città, una intera strada, la Urlogingasse.[273] Un trattato francese inedito del XIII secolo ci dice come era fatto uno dei tipi semplici: una corda, con un galleggiante ad un'estremità ed un contrappeso dall'altra, passava intorno ad un albero che ruotava il quadrante ed azionava la soneria.[274] Tuttavia l'unica raffigurazione di un orologio occidentale ad acqua del XIII secolo che ci sia pervenuta (tav. 10), e che rappresenta probabilmente un orologio della corte reale di Parigi del 1250 circa, è abba-

stanza dettagliata[275] per mostrare come quei meccanismi potessero essere molto complessi, sí da implicare anche ruote dentate.

Si tratta di un grande orologio da camera, progettato essenzialmente per suonare le ore, e privo quindi di quadrante. Esso è montato in una cassa analoga a quella disegnata nel 1235 da Villard de Honnecourt nel suo taccuino.[276] La sua caratteristica essenziale è una ruota composta da quindici coni metallici. Dal momento che l'*hora equalis* corrispondeva a quindici gradi del ciclo equinoziale, l'arbitraria divisione di questa ruota in quindici sezioni indica probabilmente che essa compiva una rotazione completa ogni ora. I fori che si vedono fra questi coni possono essere rappresentazioni schematiche piuttosto che dettagli effettivi. Senza dubbio essi andavano da cono a cono piuttosto che attraverso lo ruota. Questo avrebbe permesso all'acqua di passare lentamente da un cono all'altro, frenando cosí la rotazione dell'asse, che sembra essere azionato da un peso, pendente da una corda avvolta intorno all'asse stesso: un sistema analogo viene adottato in un orologio esistente alla corte di Alfonso X di Castiglia, non piú tardi del 1277,[277] nel quale viene usato il mercurio al posto dell'acqua. Dietro il tamburo, e montata o sullo stesso asse, o su di un altro collegato a questo, vi è una grande ruota dentata, che controlla il meccanismo per la soneria. Alla sinistra dell'orologio vi è una ruota a palette, che è probabilmente uno scappamento a ventola per rallentare, mediante attrito con l'aria, l'azione della soneria, al battere delle ore.[278]

Questo non è, senza dubbio, un orologio dappoco. Se l'interpretazione del meccanismo data sopra è corretta, ci troviamo di fronte, intorno al 1250, al primo esempio di sfruttamento della forza di gravità oltre al trabucco, e il secondo esempio è appunto l'orologio di Alfonso X, strettamente connesso al primo, e posteriore di un quarto di secolo. Sulla base almeno della documentazione disponibile, lo sfruttamento della forza di gravità sembra essere un'innovazione occidentale. Senza dubbio l'orologio della corte di san Luigi, come quello della corte di Castiglia, è stato costruito come copia piú modesta dell'orologio astronomico che il sultano di Damasco presentò nel 1232 a Federico II di Hohenstaufen, e del quale l'imperatore andava straordinariamente fie-

ro,[279] «in quo ymagines solis et lune artificialiter mote cursum suum certis et debitis spaciis peragrant et horas diei et noctis infallibiliter indicant».[280] Ma non si è trovata indicazione che un meccanismo a pesi, in quanto distinto dai contrappesi che permettevano l'azione del galleggiante, si trovasse nell'orologio di Federico; né appare nel libro di Riḍwān del 1203, che descrive le riparazioni ed il perfezionamento del monumentale orologio astronomico costruito a Damasco dal padre, alla fine del XII secolo.[281]

I tecnici europei non erano tuttavia soddisfatti dei progressi raggiunti con l'orologio ad acqua di san Luigi; essi desideravano un misuratore del tempo puramente meccanico.[282] Fortunatamente, possediamo un trattato scritto da Roberto Anglico nel 1271, che mostra non solo i tentativi e gli insuccessi, ma anche la chiarezza con la quale essi immaginavano quello che stavano cercando di fare.[283] Roberto dice che, anche se nessun orologio è astronomicamente accurato, «gli orologiai tentano tuttavia di realizzare una ruota, o un disco, che si muova esattamente come il circolo equinoziale, ma non riescono nel tentativo (*sed non possunt omnino complere opus eorum*). Se essi, tuttavia, vi riuscissero, avrebbero un orologio di maggior valore dell'astrolabio e di qualsiasi altro strumento astronomico per segnare le ore». Ci descrive, quindi, i loro tentativi: si monta una ruota su un albero, in modo che l'equilibrio di rotazione sia perfetto, si attacca quindi un peso di piombo all'albero in modo che la ruota giri una volta sola fra l'alba ed il tramonto. Lo scappamento era però, nel 1271, ancora un problema insoluto.

La linea principale di sviluppo ci viene indicata non solo dall'importanza attribuita da Roberto all'astronomia, ma anche dal fatto che l'orologio a mercurio di Alfonso X aveva per quadrante un astrolabio.[284] La maggior parte dei primi orologi non erano tanto strumenti per misurare il tempo, quanto rappresentazioni del cosmo. Fin dai tempi di Archimede erano stati costruiti modelli meccanici delle orbite planetarie,[285] ed esiste una continuità fra quelli dell'antichità ed il planetario donato nel 1232 a Federico II. Dal I secolo d. C. ci provengono frammenti di un meccanismo di questo tipo, che comporta un

sistema d'ingranaggi molto complesso.[286] Al tempo di Tolomeo un apparecchio del genere era stato collegato all'astrolabio, ed era diventato un sistema per misurare il tempo.[287] Al-Bīrūnī (m. 1048 d. C.) menziona una intricata macchina ad ingranaggi che mostrava le fasi della luna,[288] mentre al-Battānī (m. 929 d. C.) ci aveva già fornito il disegno di un complesso astrolabio ad ingranaggi.[289] Ce ne rimane, infine, uno proveniente da Isfahān, del 1221-2.[290]

Il fatto che gli astrolabi abbiano continuato ad essere in uso nell'Occidente latino durante l'alto Medioevo ci viene confermato dalla divisione di tutti gli astrolabi in due famiglie, una orientale musulmana, ed una occidentale, che comprende anche quelli della Spagna musulmana. Il tipo occidentale ha un cerchio zodiacale, ed è basato sul calendario giuliano,[291] che non ha alcun rapporto con i mesi lunari dell'Islam. Inoltre la divisione delle ore nelle *alidades* della Spagna musulmana, mostra una derivazione o un'influenza cristiana.[292] Senza dubbio i saraceni trovarono astrolabi in uso quando conquistarono, nell'VIII secolo, la Spagna visigotica, e non seguirono la tendenza dell'Islam orientale ad adattare lo strumento al calendario lunare.

Il piú antico astrolabio latino che ci sia rimasto è di fattura inglese, ed è della fine del XII secolo.[293] Intorno al 1300 venivano prodotti in Francia astrolabi mirabilmente congegnati.[294] Senza dubbio le origini dell'orologio meccanico devono essere ricercate nel complesso regno dei planetari monumentali, degli *equatoria*[295] e degli astrolabi a ingranaggi.[296] Verso la fine del XIII secolo gli studiosi non solo teorizzavano, ma costruivano a volte con le proprie mani tali oggetti: nel 1274 il famoso Henri Bate di Malines si vanta di un astrolabio che «manu complevi propria».[297] Il fatto che gli inventori lavorassero intorno al problema di uno scappamento meccanico è indicato chiaramente dalla comparsa quasi contemporanea di due soluzioni collegate fra di loro: la barretta oscillante, o verga (*foliot*), a nord delle Alpi, e la ruota oscillante, in Italia.[298] Tuttavia probabilmente non sapremo mai con esattezza quando fu effettuata la scoperta. Proprio come le origini della moderna artiglieria risultano oscure per la somiglianza verbale e visiva con il cannone o tubo per lanciare il fuoco greco, cosí l'assimila-

zione dell'intero vocabolario dell'orologio ad acqua [299] nel vocabolario dei successivi orologi meccanici, ed il fatto che alcuni grandi orologi ad acqua utilizzassero catene di ingranaggi [300] hanno irrimediabilmente ridotto la nostra capacità di valutare i documenti di quel cruciale periodo che è l'inizio del XIV secolo.[301] Orologi meccanici a pesi erano tuttavia ben noti intorno al 1341, quando una cronaca milanese ci dice che, in analogia con tali orologi, e dopo molti tentativi, i tecnici locali avevano costruito mulini a peso per la macinazione del grano.[302]

Improvvisamente, verso la metà del XIV secolo, l'orologio meccanico conquistò l'immaginazione dei nostri antenati. Parte dell'orgoglio civico, che precedentemente si era manifestato nella costruzione di cattedrali, viene ora diretto alla realizzazione di orologi astronomici di meravigliosa complessità ed elaborazione. Nessun cittadino, in Europa, si sarebbe sentito piú tale, se sollevando il capo nella piazza della sua città, non avesse visto i pianeti rivolgersi in cicli ed epicicli, mentre gli angeli davano fiato alle trombe, il gallo cantava e gli apostoli, i re, ed i profeti marciavano avanti e indietro al battere delle ore.[303]

Non era solo per la loro diversità, per le dimensioni, per la vasta diffusione che questi automi erano differenti da quelli del periodo precedente. Per quanto molti facessero parte di chiese, non avevano quel carattere di pio inganno, presente nei congegni dei templi ellenistici, Anche se molti erano ornamento di municipi e di palazzi, non avevano gli intenti politici degli automi di Bisanzio, come ce li descrive nel X secolo Liutprando da Cremona,[304] destinati ad ispirare il rispetto dell'imperatore. I nuovi grandi orologi astronomici venivano presentati francamente come meraviglie meccaniche, ed il pubblico li apprezzava come tali.[305] Questo basta di per sé ad indicare l'evoluzione dei valori della società europea.

Ma, oltre ad essere giganteschi giocattoli, tali orologi erano ben piú che dei giocattoli: erano simboli connessi alle piú profonde e spesso non esplicite tendenze dell'epoca. Fra il 1319 e il 1320 stava sorgendo una nuova teoria dell'impeto, che rappresenta il punto di passaggio fra quella di Aristotele ed il moto d'inerzia di Newton.[306] Secondo la vecchia concezione, nulla si muoveva se non era costantemente spinto

da una forza esterna. In base alla nuova teoria fisica i corpi si mantengono in movimento in virtú della forza originariamente impressa su di essi, grazie alla *vis impressa*. Inoltre regolarità, relazioni prevedibili matematicamente e fatti misurabili quantitativamente cominciavano ad avere una maggiore importanza nella visione umana dell'universo,[307] ed il grande orologio, in parte perché la sua inesorabilità era giocosamente mascherata e il suo meccanismo era umanizzato da tutte quelle bizzarrie, dava corpo a questa immagine. È nelle opere del grande ecclesiastico e matematico Nicola d'Oresme, morto nel 1382, vescovo di Lisieux, che troviamo per la prima volta la metafora dell'universo come un grande orologio meccanico, creato e posto in funzione da Dio in modo tale che «tutte le ruote si muovano il piú armoniosamente possibile».[308] Il concetto avrebbe avuto un futuro: la metafora sarebbe divenuta una metafisica.

Nel 1348 un valente medico ed astronomo, Giovanni de' Dondi, cominciò a costruire con le proprie mani un orologio che impiegò sedici anni a completare.[309] Quando lo ebbe terminato, nel 1364, il Dondi scrisse un trattato che arricchí con numerosi disegni. Per quanto ci rimangano sei manoscritti[310] questo monumento della storia delle macchine non è mai stato pubblicato. L'orologio del Dondi serviva solo incidentalmente a segnare il tempo: rappresentava il percorso celeste del sole, della luna, dei cinque pianeti, e forniva un calendario perpetuo di tutte le festività religiose, sia fisse che mobili. La sua capacità di collegare le parti in movimento mostrava del genio: per la riproduzione delle orbite ellittiche della Luna e di Mercurio (come richiesto dal sistema tolemaico), creò ingranaggi ellittici, e risolse analogamente le irregolarità allora osservate nell'orbita di Venere.[311] Per complessità e raffinatezza gli ingranaggi del Dondi vanno molto al di là di tutto ciò che ci rimane della tecnica antica, inclusi i frammenti del planetario ellenistico trovato nel mar Egeo.[312] Sul piano della progettazione delle macchine, il XIV secolo segna una tappa decisiva. E, in effetti, sembrerebbe che durante i due secoli successivi non si siano fatti grandi progressi nella progettazione di orologi a pesi, perché nel 1529, quando l'imperatore Carlo V visitò Pavia ed ammirò l'orologio di

Giovanni, che era allora guasto, poté trovare un solo tecnico, Giovanni Torriani, capace di ripararlo.[313]

Tuttavia negli anni immediatamente successivi a Giovanni de' Dondi, gli orologiai si avvicinavano a conquiste tecniche di altro genere. Nel 1377 Carlo V di Francia possedeva un *orloge portative*,[314] che può essere stato semplicemente un orologio di tipo tradizionale in piccolo. Si è tuttavia visto come verso la metà del XIII secolo gli ingegneri si interessassero alle molle quali elementi di macchine automatiche, e dal tempo delle prime trappole a molla era stato compreso che le molle accumulano energia. Intorno al 1400 la molla a spirale piana compare nelle serrature,[315] dalle quali fu trasferita nel congegno di sparo delle armi da fuoco nella seconda metà del XV secolo[316] (e il termine inglese per «congegno di sparo», *flint-lock*, richiama l'origine da «serratura di porta», in inglese *lock*). Il primo esempio rimastoci di cronometro a molla è un magnifico esemplare di orologio da camera, costruito intorno al 1430 per Filippo il Buono, duca di Borgogna.[317] Anche coloro che sospettano che il meccanismo di questo orologio possa non essere originale, ammettono che le molle furono impiegate per azionare orologi intorno al 1440-50, quando un orologio di questo tipo appare in un dipinto portoghese.[318] Inoltre nel 1459 il re di Francia acquistò un «demi orloge doré de fin or sans contrepoix».[319] Infine, in una lettera del 19 luglio 1488, ora nell'archivio di Modena, appare una meraviglia: Ludovico Sforza ordina tre elaborati costumi per sé, per la moglie e per Galeazzo di San Severino, ciascuno dei quali deve essere ornato con un orologio pendente, e due dei tre dovranno poter suonare le ore.[320] L'orologio ha raggiunto se non il polso, almeno il collo.

Ma il meccanismo a molla per piccoli orologi da camera e portatili presentava una nuova serie di problemi per quanto riguarda lo scappamento: ovviamente né la verga o barretta oscillante, né la ruota avrebbero funzionato bene dati i movimenti e le scosse che subisce un orologio portatile; ma egualmente importante era il fatto che, mentre un peso offre una forza costante per tutto il tempo, una molla perde energia man mano che si allenta. Era dunque necessario uno

scappamento che compensasse esattamente questa graduale diminuzione di intensità della fonte di energia.

Il mondo degli «umanisti» non è abituato ad apprezzare i valori estetici dell'abilità tecnica. Non si può tuttavia contemplare la soluzione data a queste due difficoltà dai tecnici del XV secolo senza l'emozione che dovrebbe essere suscitata da ogni grande conquista. L'intensità e l'ingegnosità degli sforzi compiuti è mostrata dal fatto che, ancora una volta, come nel caso degli scappamenti per orologi a pesi, furono trovate due soluzioni: l'arresto e la conoide.

Non s'incontrano sicure testimonianze dell'arresto anteriori ad un orologio del 1535 circa.[321] Ma, dal momento che si tratta di un dispositivo un po' meno soddisfacente della conoide, può forse precedere quest'ultima. L'arresto [322] consiste di due parti: la prima è una camma a forma di chiocciola, montata su una ruota collegata all'asse della molla principale; la seconda è una lunga molla rigida ad arco, fissata strettamente ad una delle estremità e che esercita con l'altra un'azione frenante sulla parte piú sporgente della camma, quando la molla principale è tesa, e sul diametro piú stretto quando la molla si sta scaricando. La molla principale deve cosí superare l'attrito della molla dell'arresto, oltre ad azionare il meccanismo. Infine, quando l'orologio si scarica, una rotellina all'estremità libera della molla dell'arresto scivola nella dentellatura della camma ed in questa posizione la molla dell'arresto aiuta la molla principale, indebolita, a compiere il lavoro.

La conoide fu un'invenzione anche piú eccezionale; come uno dei maggiori storici dell'orologeria ha detto: «forse nessun problema meccanico è stato mai risolto con tanta semplicità e perfezione».[323] La conoide s'incontra nel piú antico orologio a molla rimastoci, quello del 1430 circa, e dal 1477 ne abbiamo un disegno.[324] La conoide compensa le variazioni di forza della molla principale per mezzo di un freno di budello, o di una sottile catena, che si avvolge gradualmente a spirale intorno ad un albero conico, e la forza del freno dipende dalla possibilità di leva consentita dal diametro del cono a un dato punto e a un dato momento. Per quanto si tratti di un accorgimento di grande eleganza meccanica, l'idea non nacque fra gli orologiai: si-

gnificativo della interdipendenza di tutti gli aspetti della tecnologia è il fatto che essa sia stata derivata dall'ingegneria militare. Intorno al 1405 troviamo infatti nel *Bellifortis* del Kyeser [325] un asse conico di questo tipo in un meccanismo per tendere una balestra pesante. Con *humour* tipicamente medioevale, tale aggeggio fu chiamato «la vergine», probabilmente per il fatto che offriva minor resistenza quando l'arco era lento e maggiore quando era teso.

Verso la seconda metà del XV secolo l'Europa era dotata, non solo di fonti di energia ben piú diversificate di quelle conosciute da qualunque civiltà precedente, ma anche di un arsenale di mezzi tecnici per impadronirsi, guidare ed utilizzare tali fonti, molto piú vario ed efficiente di quello posseduto da qualunque popolo del passato, o conosciuto da una qualsiasi società contemporanea del vecchio e del nuovo mondo.[326] L'espansione dell'Europa dal 1492 in poi si è basata in gran parte sull'alto consumo di energia, con la conseguente produttività, importanza economica e potenza militare.[327] Ma l'energia meccanica è priva di significato se distinta dai meccanismi per imbrigliarla. A cominciare, probabilmente, dal mulino per la follatura sul Serchio, del 983, nell'XI e XII secolo si applicò l'eccentrico ad una grande varietà di operazioni. Il XIII secolo scoprí la molla ed il pedale; il XIV perfezionò gli ingranaggi a livelli d'incredibile complessità; il XV secolo, infine, facilitò notevolmente, sfruttando la manovella, la biella ed il volano, la conversione del moto alternativo in moto rotatorio continuo. Tenuto conto del ritmo generalmente lento della storia umana, questa rivoluzione nella progettazione delle macchine avvenne con incredibile rapidità. Durante i quattro secoli che seguirono Leonardo, vale a dire fino a che l'energia elettrica non richiese nuove tecniche, si fu piú impegnati a sviluppare e perfezionare i princípi base scoperti nei quattro secoli anteriori a Leonardo, che nello scoprirne di nuovi.

III. Il concetto di una tecnologia dell'energia

I tecnici del basso Medioevo erano coscienti dell'importanza delle loro ricerche? Ovviamente esisteva un vigoroso e coraggioso sforzo di innovazione,[328] ma era guidato da concetti piú ampi?

Sintomo del nascere di una cosciente e diffusa passione per l'energia naturale e per le sue applicazioni per scopi umani è l'adozione entusiastica, nell'Europa del XIII secolo, di una idea che aveva avuto origine nell'India del XII secolo: il moto perpetuo.[329] Intorno al 1150 il grande astronomo e matematico indiano Bhāskarā scriveva nel *Siddhāntaśiromaṇi*:[330] «Fa' una ruota di legno leggero, e poni nella sua circonferenza delle canne vuote, con fori dello stesso diametro, disposti ad egual distanza l'uno dall'altro; e tutte con un angolo un po' divergente dalla normale; riempi quindi a metà le canne di mercurio: la ruota cosí preparata, se posta su di un asse fissato su due sostegni, ruoterà da sola.» E scrive anche: «Scava un solco nel cerchio di una ruota, coprendolo poi con foglie dell'albero di *tála* fissate con cera, riempi quindi il canale per metà di acqua e per metà di mercurio, finché l'acqua non comincia a traboccare, chiudi allora il foro lasciato aperto per riempire la ruota. La ruota comincerà a ruotare da sola, azionata dall'acqua.»

In India l'idea del moto perpetuo era collegata, e forse era fondata, sul concetto indiano della natura ciclica ed autoperpetuantesi di tutte

le cose.[331] Quasi immediatamente l'idea fu accolta dall'Islam, dove essa arricchí la tradizione degli automi. Un trattato arabo di data incerta,[332] ma che nei manoscritti sembra però associato alle opere di Riḍwān (circa 1200 d. C.), contiene sei *perpetua mobilia*, tutti basati sulla forza di gravità. Uno di essi è identico alla ruota di mercurio con canne oblique, di Bhāskarā,[333] mentre altri due sono [334] identici ai due meccanismi a moto perpetuo che appaiono, intorno al 1235, in Europa: le ruote di Villard de Honnecourt imperniate con martelletti e con tubi di mercurio.[335] In un'opera latina anonima, databile alla fine del XVI secolo,[336] s'incontra una macchina per il moto perpetuo molto somigliante alla seconda proposta di Bhāskarā di una ruota il cui cerchio contiene mercurio. Inoltre un *perpetuum mobile* di canne incernierate radialmente, che s'incontra in un trattato arabo,[337] riappare intorno al 1440 nel taccuino di Mariano di Jacopo Taccola.[338] Anche se non vi sono prove che proprio queste opere arabe fossero conosciute nell'Europa latina, possiamo essere sicuri che verso il 1200 l'Islam serví da intermediario per trasmettere il concetto indiano di moto perpetuo all'Europa, proprio come, nello stesso periodo, trasmetteva i numerali ed il calcolo posizionale di origine indiana: il *Liber abaci* di Leonardo da Pisa apparve nel 1202.

Per gli indiani l'universo stesso era una macchina a moto perpetuo, e non trovavano quindi nulla di assurdo in un flusso spontaneo senza fine di energia. Bhāskarā parla del sifone come se si trattasse di un sistema per il moto perpetuo,[339] ed un suo imitatore europeo del XIV secolo insiste nell'affermare che la sua ruota di mercurio è in moto perpetuo, anche se quando effettuò l'esperimento ne riscaldò la parte inferiore, ed era assolutamente certo che essa girava perché il calore faceva salire il mercurio.[340] Un mulino a vento su una collina con venti costanti, un mulino ad acqua su un fiume che non si secca mai erano, nel Medioevo, sistemi di moto perpetuo.[341] Gli aspetti significativi dell'idea del moto perpetuo nell'Europa del basso Medioevo, in contrasto con l'India e con l'Islam, sono l'intenso e diffuso interesse, il tentativo di diversificarne i motori, e quello di trovare delle applicazioni pratiche del moto perpetuo.

L'occidente del XIII secolo vedeva due forze, la gravità ed il magnetismo, che operavano con una costanza ben superiore a quella del vento e dell'acqua. Accanto ad un disegno di un *perpetuum mobile* basato sulla forza di gravità, Villard de Honnecourt pone una nota: «A lungo i maestri [maistres] hanno disputato su come costruire una ruota che giri da sola. Ecco come può essere fatta: o con martelli diseguali o con l'argento vivo».[342]

Il problema era quello di riuscire a controllare anche il magnetismo. Dati del 1040-4, del 1089-93 e del 1116 parlano di un ago magnetizzato impiegato in Cina in pratiche geomantiche, mentre nel 1119 e nel 1122 i cinesi lo utilizzavano per la navigazione.[343] In Europa la bussola (o compasso) appare nel *De naturis rerum* di Alexander Neckham,[344] che ebbe ampia diffusione verso la fine del XII secolo,[345] e nella *Bible* di Guiot de Provins,[346] composta fra il 1203 ed il 1208. Intorno al 1218 Jacques de Vitry considerava la bussola «valde necessarius... navigantibus in mari».[347] Intorno al 1225 era di uso comune anche in Islanda.[348] Essa non raggiunse tuttavia l'Occidente tramite l'Islam, ma per via di terra, originariamente come strumento per la determinazione del meridiano.[349] Il primo riferimento musulmano alla bussola ci viene da un racconto persiano del 1232-3.[350] La piú antica menzione araba, in uno scritto del 1282, ma che si riferisce esplicitamente ad un episodio del 1242-43, ne parla come di una novità.[351] Inoltre la parola araba, *al-qonbas* mostra come essa abbia raggiunto il Levante musulmano da Occidente, probabilmente dall'Italia.[352]

Subito dopo la sua introduzione in Europa la bussola cominciò a stimolare la mente degli scienziati ad indagare sulla forza magnetica. Nel *De universo creaturarum*, scritto nel 1231-6, il grande vescovo di Parigi, Guglielmo d'Alvernia, usò l'analogia dell'induzione magnetica per spiegare il moto delle sfere celesti.[353] Nel 1269, nella sua fondamentale *Epistola de magnete*, che è il punto di partenza di tutte le opere successive sul magnetismo, l'ingegnere militare Pierre de Maricourt, che Ruggero Bacone considerò il piú grande scienziato della sua epoca,[354] presenta un disegno per una macchina magnetica a moto perpetuo, ed incidentalmente conferma la testimonianza di Villard del

grande interesse per queste ricerche aggiungendo: «Ho visto molti uomini sfiancarsi nei ripetuti sforzi per inventare una ruota siffatta.»[355] Questi sono i presupposti dei progetti del XIV secolo per mulini azionati dalla forza magnetica.[356]

Ma intorno al 1260[357] Pierre stava già meditando un secondo *perpetuum mobile*, doppiamente significativo perché, a differenza della ruota magnetica, era progettato per un impiego pratico. Che i suoi esperimenti fossero generalmente noti a Parigi è dimostrato dal fatto che verso il 1260 Giovanni di Saint-Amand identifica le proprietà del magnete con quelle della Terra stessa: «Dico quod in adamante est vestigium orbis.»[358] Nel 1269 Pierre de Maricourt descrive il suo nuovo meccanismo: una sfera magnetizzata che, se montata senza attrito parallela all'asse celeste, avrebbe ruotato una volta al giorno. Se fosse stata accuratamente incisa con una carta del cielo, essa sarebbe servita da sfera armillare automatica per le osservazioni astronomiche e da orologio perfetto, rendendo inutili tutti gli altri orologi.[359]

Verso la fine del XIII secolo, quindi, un gruppo considerevole di menti aperte, stimolato, non solo dal successo tecnologico delle recenti generazioni, ma sospinto anche dal mito inafferrabile del moto perpetuo, cominciò a diffondere il concetto di energia meccanica. Si cominciò a pensare all'universo come ad una vasta riserva di energie, da afferrare ed impiegare per scopi umani. Il loro concetto di energia aveva molto di fantastico, ma senza tale fantasia ed immaginazione la tecnologia dell'energia dell'Occidente non si sarebbe sviluppata. Quando Ruggero Bacone, l'amico di Pierre de Maricourt, scriveva intorno al 1260: «Si possono costruire macchine per mezzo delle quali le piú grandi navi, guidate da un solo uomo, potranno procedere piú velocemente che se fossero cariche di rematori; si possono costruire carri che si muoveranno ad incredibile velocità, e senza essere tirati da animali; si possono costruire macchine volanti nelle quali un uomo... potrà battere l'aria con le ali, come un uccello... macchine permetteranno di scendere nel fondo dei mari e dei fiumi»,[360] non parlava per sé solo, ma a nome degli ingegneri del suo tempo.

Note

1. Descartes, *Œuvres*, ed. C. Adam e P. Tannery, VI, Paris 1902, pp. 61-62; trad. it. di A. Carlini, 6ª ed., Bari 1956, p. 120.

2. F. M. Feldhaus, *Die Technik der Antike und des Mittelalters*, Potsdam 1931, p. 277, afferma che il termine «ingegnere» appare per la prima volta in Johannes Codagnellus, *Annales placentini*, ed. O. Holder-Egger, Hannover 1901, p. 23, che, per quanto scritti all'inizio del XIII secolo, si riferiscono al 1196, ad un «Alamannus de Guitelmo, enceignerius communis Mediolani». Feldhaus sostiene che il termine deriva da *incingere*, «fortificare». Tuttavia nel 1190-2 Ambroise, *L'Estoire de la guerre sainte*, ed. G. Paris, Paris 1897, v. 2274, collega esplicitamente gli ingegneri con le macchine: «engineors qui savaient d'engins plusors». Io non sono riuscito a trovare la parola prima del 1170, quando «Ricardus ingeniator, vir artificiosus... et prudens architectus» compare a Durham; cfr. V. Pevsner, *The term «architect» in the Middle Ages*, «Speculum», XVII (1942), p. 555; ma un «Ailnoth ingeniator» fiorí nel 1157-90; cfr. J. Harvey, *English Mediaeval Architects*, London 1954, p. 17. Per gli ingegneri dall'inizio del XIII secolo in poi, cfr. H. Charnier, *Notes sur les origines du génie, du moyen âge à l'organisation de l'an VII*, «Revue du génie militaire», LXXXVII (1954), pp. 17-44.

3. B. Gille, *La came et sa découverte*, «Techniques et civilisations», III (1954), pp. 8-9; A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed., Cambridge, Mass., 1954, p. 140.

4. F. M. Feldhaus, *Die geschichtliche Entwicklung des Zahnrades*, Berlin-Reinickendorf 1911, pp. 5-11; C. Matschoss, *Geschichte des Zahnrades*, Berlin 1940, pp. 6-9; W. Treue, *Kulturgeschichte der Schraube*, München 1955, pp. 39-43, 57, 109.

5. D. J. Price, *Clockwork before the clock*, «Horological Journal» XCVII (1955), pp. 32-34; in *History of Technology*, ed. C. Singer, III, 1957, p. 618, fig. 364, e trad. it. pp. 625-6, e *An ancient Greek computer*, «Scientific American», CC (giu. 1959), pp. 60-67.

6. *Pneumatikon*, ed. W. Schmidt, Leipzig 1899, I, p. 230; cfr. A. G. Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron: a study of ancient pneumatics*, Köbenhavn 1948, p. 128.

7. *Ibid.*, I, p. 205. Dubitano che questo sia realmente un mulino a vento: R. J. Forbes in Singer, *op. cit.*, II (1956), p. 615 e trad. it. p. 624, e Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II, Leiden 1955, pp. 111-12; H. P. Vowles, *The Quest for Power*, London 1931, pp. 123-4.

8. M. Boas, *Hero's Pneumatica: a study of its transmission and influence*, «Isis», XL (1949), pp. 38-48.

9. M. Rostovtzeff, *Social and Economic History of the Hellenistic World*, Oxford 1941, p. 363; cfr. Strabone, *Geographica*, XVII, 807, ed. A. Meinecke, Leipzig 1899, III, p. 1125. L'unica raffigurazione antica che ci sia pervenuta di tale noria ci viene dalla metà del II secolo d. C.; cfr. F. Mayence, *La troisième campagne de fouilles à Apamée*, «Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire», V (1933), p. 6, fig. 5; Singer, *op. cit.*, II, 1956, p. 637, fig. 577, trad. it., p. 646. È probabilmente ad una noria e non ad un mulino ad acqua che si riferisce Lucrezio, *De rerum natura*, V, 516, ed. J. Martini, Leipzig 1934, p. 205.

10. Strabone, XII, 556, *ed. cit.*, II, p. 781. Rostovtzeff, *op. cit.*, p. 365, sottolinea che, in epoca antica, i papiri non menzionano mulini ad acqua in Egitto.

11. *Anthologia palatina graeca*, IX, 418, ed. H. Stadtmueller, Leipzig 1906, III, pp. 402-3.

12. *De architectura*, X, 5, ed. V. Rose, Leipzig 1899, pp. 253-4. Per la piú antica raffigurazione di tale mulino ad acqua, un mosaico del V secolo, cfr. G. Brett, *Byzantine watermill*, «Antiquity», XIII (1939), pp. 354-6.

13. A. Steensberg, *Farms and Mills in Denmark during Two Thousand Years*, Köbenhavn 1952, pp. 294-7. Mulini di questo tipo erano distribuiti largamente, sia nel tempo che nello spazio; cfr. E. C. Curwen, *The problem of early water mills*, «Antiquity», XVIII (1944), pp. 130-46, e *A vertical water mill near Salonika*, ibid., XIX (1945), pp. 211-12. Presumibilmente poiché i loro lavoratori indiani non avevano familiarità con gli ingranaggi, i missionari francescani costruirono, all'inizio del XIX secolo, un mulino di questo tipo, che ho visto personalmente, vicino a San Antonio de Padua, in California. E. Eude, *Histoire documentaire de la mécanique française*, Paris 1902, p. 11, dimostra che la moderna turbina idraulica è la discendente diretta delle primitive ruote ad acqua orizzontali, che venivano spesso dotate di pale a cucchiaio ed incassate; cfr. F. M. Feldhaus, *Beiträge zur älteren Geschichte der Turbinen*, «Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen», V (1908), pp. 569-71. L'attribuzione al III o IV secolo di una complessa ruota idraulica a forma di turbina conservata nel Conservatoire des Arts et Métiers di Parigi non è documentata: non si sa nulla della sua provenienza, cfr. «Power», LXXIV (1931), p. 502.

14. H. Chatley, *The development of mechanisms in ancient China*, «Engineering», CLIII (1942), p. 175, la data al 50 d. C. circa; ma la dr. Annaliese Bulling, in una lettera a me diretta, attribuisce la fonte, *Hou Han-shu*, cap. 61, al 31 d. C.; J. Needham, *L'unité de la science: l'apport indispensable de l'Asie*, «Archives internationales d'histoire des sciences», II, 1 (1949), p. 579, conferma questa datazione.

15. J. Needham, L. Wang e D. J. Price, *Heavenly Clockwork*, Cambridge 1959, pp. 104, 109-11, 129. Nel 290 d. C. si incontra in Cina una ruota idraulica verticale per di sotto, che azionava magli per scortecciare il riso ed era cosí efficiente da sconvolgere il mercato del riso; cfr. Chatley, *loc cit.* Di fronte a tale testimonianza desta perplessità il fatto che all'inizio del IX secolo Ennin sembra aver considerato i mulini ad acqua non comuni; cfr. E. A. Reischauer, *Ennin's Travels in China*, New York 1955, p. 156.

16. J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinarum*, Lyon 1578, tav. 46; per uno strumento analogo, cfr. A. Ramelli, *Le Diverse et artificiose machine*, Parigi 1588, fig. 57.

17. H. Chatley, *Engynes: the eotechnic phase of mechanical development*, «Engineering», CLXII (1946), p. 388; ed il suo *The Development of mechanism in ancient China*, «Transactions of the Newcomen Society», XXII (1941-2), p. 137.

18. C. L. Sagui, *La Meunerie de Barbegal (France) et les roues hydrauliques chez les anciens et au moyen âge*, «Isis», XXXVIII (1948), pp. 225-31, va molto al di

là dei documenti disponibili quando sostiene che i mulini ad acqua in epoca romana ebbero numerose e diverse applicazioni industriali.

19. A. W. Parsons, *A Roman water-mill in the Athenian Agora* «Hesperia», v (1936), pp. 70-90. L'unica raffigurazione antica, giunta fino a noi, di una ruota ad acqua per di sopra, proveniente da un cimitero presso Sant'Agnese, a Roma, non è stata, a quanto pare, né datata né pubblicata; cfr. A. Profumo, in «Nuovo bollettino di archeologia cristiana», XXIII (1907), p. 108.

20. Al Museo di Napoli una ruota ad acqua ricostruita da impronte trovate nelle ceneri di Pompei è tanto piccola che F. M. Feldhaus, *Ahnen des Wasserrades*, «Die Umschau», XL (1936), p. 472, ritiene che possa essere servita ad azionare non un mulino, ma una qualche specie di automa; ma di quest'ultimo non vi sono tracce. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II, Leiden 1955, p. 96, ed in Singer, *History of Technology*, II (1956), p. 601 e trad. it. pp. 610-11, asserisce che Vespasiano (69-79 d. C.) rifiutò di erigere un paranco idraulico per timore che potesse essere causa di disoccupazione. Dal momento che non si conoscono altri paranchi azionati ad acqua prima di quello del Tirolo del 1515, raffigurato in E. Kurzel-Runtscheiner, *Das Unterinntal, eine technikgeschichtliche Landschaft*, «Blätter für Technikgeschichte», XIII (1951), p. 30, fig. 8 (cfr. anche G. Agricola, *De re metallica*, Basilea 1556, trad. H. C. e L. H. Hoover, 2ª ed., New York 1950, p. 199, e lo *Schwazer Bergbuch* del 1556, in F. Kirnbauer, *Das «Schwazer Bergbuch», eine Bilderhandschrift des österreichischen Bergbaues aus dem Jahre 1556*, «Blätter für Technikgeschichte», XVIII [1956], p. 85, tav. 7), si tratterebbe di un fatto molto importante. La fonte di Forbes, Svetonio, *Vespasianus*, cap. 18, non implica tuttavia un tale apparato: «Mechanico quoque grandis columnas exigua impensa perducturum in Capitolinum pollicenti praemium pro commento non mediocre optulit, operam remisit, praefatus sineret se plebiculam pascere.»

21. Ed. H. G. E. White, London 1919, I, p. 252, vv. 362-4:
«Praecipiti torquens cerealia saxa rotatu
Stridensque trahens per levia marmora serras
Audit perpetuos ripa ex utraque tumultus.»

22. *Villard de Honnecourt: Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuches MS fr. 19093, des Pariser Nationalbibliothek*, ed. H. R. Hahnloser, Wien 1935, tav. 44; per la data, cfr pp. 229, 232. Il dr. P. J. Alexander dell'Università del Michigan, che sta preparando una nuova edizione dei sermoni sull'*Ecclesiaste* di Gregorio di Nissa, suggerisce che un passo in Hom. III (*Patrologia graeca*, XLIV, Paris 1863, col. 656 A) «πόσα τὰ μηχανήματα τῶν μὲν ὕδατι καὶ σιδήρῳ διαπριόντων τὰς ὕλας», riferito al taglio del marmo, indica seghe idrauliche nell'Anatolia del IV secolo. Il taglio del marmo con «acqua e ferro» significa tuttavia probabilmente che l'acqua veniva usata per raffreddare la sega orizzontale di ferro e per portare l'abrasivo lungo il taglio, fino alla sega: cfr. sotto, nota 24. Undici secoli piú tardi il cardinale Bessarione considerava una novità le seghe idrauliche; cfr. sotto, nota 327.

23. *Mosella*, ed. E. Böcking, Berlin 1828, p. 60. Forbes, *Studies*, II, 1955, p. 104, afferma che la presenza di queste seghe da marmo è confermata da Venanzio Fortunato (m. intorno al 600 d. C.). La sua fonte, tuttavia, menziona solo mulini per il grano, *Carmina*, III, 12, vv. 37-38 (*MGH, Auct. antiq.*, IV, p. 65):
«Ducitur inrigûis sinuosa canalibus unda,
Ex qua fert populo hic mola rapta cibum.»

24. *Naturalis historia*, XXXVI, 6, ed. C. Mayhoff, Leipzig 1897, V, p. 325.

25. *La Moselle d'Ausone*, ed. H. de la Ville de Mirmont, Paris 1889, pp. IX, XI, XV.

26. A. Uccelli, *Storia della tecnica dal medio evo ai nostri giorni*, Milano 1945, p. 132. R. Meringer, *Die werkzeuge der* pinsere-*Reihe und ihre Namen (Keule,*

Stampfe, Hammer, Anke), «Wörter und Sachen», I (1909), pp. 23-24; V. Geramb, *Ein Beitrag zur Geschichte der Walkerei*, ibid. XII (1929), pp. 37-46, e A. Dopsch, *Die Wirtschaftsentwicklung der Karolingerzeit*, Weimar 1913, II, p. 145, forza i documenti per scoprire mulini per la follatura nell'abbazia di San Gallo, nel IX secolo.

27. G. Giulini, *Memorie spettanti alla storia di Milano*, Milano 1760, III, p. 67.

28. F. M. Ress, *Der Eisenhandel der Oberpfalz in alter Zeit*, «Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte», XIX, I (1951), p. 9.

29. K. Lamprecht, *Beiträge zur Geschichte des französische Wirtschaftsleben im elften Jahrhundert*, Leipzig 1878, p. 105, nota 28.

30. R. V. Lennard, *An early fulling-mill*, «Economic History Review», XVII (1947), p. 150.

31. H. James, *Domesday Book Facsimile, Somersetshire*, Southampton 1862, p. XII: «II molini reddentes II plumbas ferri». Gli altri mulini del *Domesday Book* pagano o in contanti o in anguille, o con ambedue.

32. *Problème du moulin à eau*, «Techniques et civilisations», II (1951), p. 34.

33. M. Bloch, *Avènement et conquêtes du moulin à eau*, «Annales d'histoire économique et sociale», VII (1935), p. 545; B. Gille, *Le Moulin à eau: une révolution technique médiévale*, «Techniques et civilisations», III (1954), pp. 2-3.

34. M. T. Hodgen, *Domesday watermills*, «Antiquity», XIII (1939), p. 266; R. Lennard, *Rural England, 1086-1135*, Oxford 1959, pp. 278-80, fornisce motivi per considerare troppo basso questo calcolo. Nel IX secolo un mulino con tre ruote era in funzione presso Old Windsor; cfr. «Medieval Archaeology», II (1958), p. 184. Verso la fine dell'XI secolo venivano spese grandi somme per l'energia idraulica. Nel 1097 l'imperatore Enrico IV ordinò un difficile e costoso canale, del quale esistono ancora tracce, da tagliare attraverso le cime rocciose che dominano il fiume Klamm, nel Tirolo, per creare una cascata per i mulini dell'abbazia di Viecht, presso Schwaz, cfr. C. Reindl, *Die Entwicklung der Wasserkraftnutzung und der Wasserkraftmaschinen*, «Wasserkraft Jahrbuch», I (1924), p. 4, fig. 2.

35. G. Zanetti, *Delle origini di alcune arti principali presso i Veneziani*, Venezia 1841, p. 65; cfr. p. 66 per un altro mulino a marea a Venezia intorno al 1078.

36. *Domesday Book*, ed. A. Farley, London 1783, I, 1.

37. L. Delisle, *On the origin of windmills in Normandy and England*, «Journal of the British Archaeological Association», VI (1851), p. 406; Gille, *op. cit.*, pp. 4-5; «Techniques et civilisations», II (1951), p. 34.

38. H. T. Horwitz, *Über das Aufkommen, die erste Entwicklung und die Verbreitung von Windrädern*, «Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie», XXII (1933), p. 99.

39. L'affermazione di Horwitz, *loc. cit.*, e di R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II, Leiden 1955, p. 112, che intorno al 400 d. C. Fa Hsien lo abbia osservato nell'Asia centrale poggia su un errore di traduzione; cfr. L. C. Goodrich, *The revolving book-case in China*, «Harvard Journal of Asiatic Studies», VII (1942), p. 154; cfr. sotto, nota 247.

40. *Ibid.*, p. 133.

41. S. Lévi e É. Chavannes, *Quelques titres énigmatiques dans la hiérarchie ecclésiastique du Bouddhisme indien*, «Journal asiatique», 11ª serie, VI (1915), p. 308.

42. Goodrich, *op. cit.*, p. 137; cfr. pp. 141-3.

43. *Ibid.*, p. 161, nota 59.

44. Horwitz, *op. cit.*, p. 99.

45. G. Bathe, *Horizontal Windmills, Draft Mills and Similar Airflow Engines*, Philadelphia 1948, p. 4. Nelle Fiandre, forse già dal XII secolo, i mu-

lini ad acqua venivano impiegati per sollevare i natanti lungo piani inclinati per superare le chiuse; cfr. D. H. Tew, *Canal lifts and inclines*, «Transactions of the Newcomen Society», XXVIII (1951-3), p. 36.

46. Bathe, *loc. cit.*

47. J. Needham, *Science and Civilisation in China*, I, Cambridge 1954, p. 245. Chatley, *op. cit.*, p. 176, ritiene che l'attrezzatura delle giunche abbia influenzato, in Cina, la forma delle pale dei mulini a vento.

48. Al-Mas'ūdi, *Les Prairies d'or*, ed. e trad. C. Barbier de Meynard e P. de Courteille, Paris 1863, II, p. 80; al-Iṣṭakhrī, *Das Buch der Länder*, trad. A. D. Mordtmann, in *Schriften der Akademie von Hamburg*, I, 2 (1845), p. 110. At-Ṭabarī, *Selections from the Annals*, ed. M. J. de Goeje, Leiden 1902, I, e al-Mas'ūdi, IV (1865), pp. 226-7, danno delle varianti di un racconto del 664 d. C., nel quale un artigiano persiano in schiavitú fu condannato dal califfo Omar a costruire un mulino a vento. A parte i problemi sollevati da 300 anni di tradizione orale, questi elementi non possono essere impiegati per provare l'esistenza di mulini a vento del VII secolo. H. T. Horwitz, *op. cit.*, p. 96, conclude che, al contrario, ciò è una prova della loro inesistenza: l'ordine sembra cosí assurdo che lo schiavo disperato uccide il Califfo.

49. L'asserzione di Ibn'Abd al-Mum 'im al Himayarī *Le péninsule ibérique au moyen âge*, ed. E. Lévi-Provençal, Leiden 1938, p. 153, che «una delle curiosità di Tarragona consiste nei mulini costruiti dagli antichi: essi ruotano quando soffia il vento e si fermano con esso», non può essere applicata con sicurezza al periodo del califfato. Lévi-Provençal, p. XV, sottolinea come la versione che possediamo di questa opera è stata terminata nel 1461, anche se può essere basata su un codice della fine del XIII secolo. Sulla base di una classificazione morfologica dei mulini a vento ispano-portoghesi, F. Krüger, *Notas etnográfico-lingüísticas da Povoa de Varzim*, «Boletim de filologia», IV (1936), pp. 156-77, suggerisce che, mentre i mulini della Mancia sono di derivazione settentrionale, gli altri della penisola Iberica, delle isole del Mediterraneo e delle Canarie possono forse discendere da un modello piú antico ispano-moresco. J. C. Baroja, *Le Moulin à vent en Espagne*, «Laos», II (1952), p. 40, propende per questa interpretazione perché intorno al 1330 Juan Ruiz, arciprete di Hita, dice «Ffazen con much viento andar las atahonas»: la parola moderna *tahona*, «mulino ad asini», deriva dall'arabico *tahūna* che al-Maqqadasī usava per «mulino a vento». Il termine arabo non indica però specificatamente «mulino a vento», ma piuttosto qualsiasi mulino azionato da un mezzo diverso dall'acqua: il *Vocabulista in arabico* della fine del XIII secolo glossa l'arabo *raha* con *molendinum*, vale a dire «mulino ad acqua», ma definisce *tahūna* come «molendinum bestie, sine acqua»; cfr. J. Oliver Asin, *El hispano-arabe* al-farnāt *«los molinos harineros» en la toponimia peninsular*, «Al-Andalus», XXIII (1958), p. 458. Nel giudicare il problema della diffusione dei mulini a vento, è interessante notare che tutti i mulini a vento del Mediterraneo e della penisola Iberica ruotassero, fino alla metà del XV secolo, su alberi orizzontali; cfr. sotto, nota 50.

50. Biblioteca di Stato di Monaco, cod. lat. 197, c. 87*r*; A. Uccelli, *Storia della tecnica*, Milano 1945, p. 10, fig. 28; cfr. L. Thorndike, *Marianus Jacobus Taccola*, «Archives internationales d'Histoire des sciences», VIII (1955), pp. 7-26.

51. Recentemente è stata richiamata l'attenzione sulla conferma, da parte di Enrico II, delle proprietà di Swineshead, da R. E. Latham, *Suggestions for a British-Latin dictionary*, «Archivum latinitatis medii aevi», XXVII (1957), p. 199, e da M. W. Beresford e J. K. S. St. Joseph, *Medieval England, an Aerial Survey*, Cambridge 1958, p. 64, nota 2: essi citano il *Calendar of the Charter Rolls*, III, London 1908, p. 319, nel quale il passo in questione identifica certe terre «ubi molendinum ad ventum situm fuerit»: una forma curiosa del verbo W. Dug-

dale, *Monasticon anglicanum*, 2ª ed., London 1682, I, p. 773, aveva letto semplicemente «situm fuerat». Gli scrittori recenti la datano a non piú tardi del 1181, presumibilmente perché aveva avuto per testimonio Roger, arcivescovo di York, morto il 21 novembre 1181; ma aveva avuto per testimonio anche Richard de Luci, che si era ritirato completamente dalla vita pubblica nell'aprile del 1179, ed era morto il 14 luglio dello stesso anno. R. W. Eyton, *Court, Household and Itinerary of King Henry II*, London 1878, p. 136, ritiene, sulla base dei testimoni, e della loro presenza simultanea a Windsor, che la carta debba essere del 5 aprile 1170. Il testo sopravvive solo in quanto incorporato in una piú ampia conferma delle proprietà di Swineshead fatta da Edoardo II il 20 settembre 1316. Dal momento che non ci è noto alcun mulino a vento fra il 1170 ed il 1185, per quanto ne appaiano di frequente successivamente, è probabile che la clausola che nomina il mulino sia una glossa del XIII secolo, o dell'inizio del XIV, destinata ad identificare la posizione di una terra non adeguatamente descritta dalla conferma di Enrico II, e che questa glossa sia passata nella versione di Edoardo II.

52. Delisle, *op. cit.*, p. 403. L'asserzione di S. Lilley, *Men, Machines and History*, London 1948, p. 211, trad. it., *Storia della tecnica*, Torino 1951, p. 354, che il mulino a vento appare per la prima volta in Europa in una carta del 1105, non è documentata: piú di un secolo fa Delisle, *loc. cit.*, dimostrò che questo documento deve essere un falso perché nomina un abate di Savigny sette anni prima che l'abbazia fosse fondata. Gli statuti della città libera di Arles, che sono degli anni fra il 1162 ed il 1202, e menzionano «molendina tam aure quam aque», non possono naturalmente essere utilizzati per dimostrare la presenza dei mulini a vento in Provenza prima del 1202; la frase indica tuttavia che intorno a quella data erano dati per scontati nell'area mediterranea; il testo in C. J. B. Giraud, *Essai sur l'histoire du droit français au moyen âge*, Paris 1846, II, p. 208.

53. *Records of the Templars in England in the Twelfth Century: The Inquest of 1185*, ed. B. A. Lees, London 1935, p. 131. *Ibid.*, p. 135 è annotata una registrazione di poco posteriore al 1185 di un mulino a vento presso Dunwich, nel Suffolk, donato probabilmente ai templari da Riccardo I, vale a dire prima del 1199.

54. *Cartulary of Oseney Abbey*, ed. H. E. Salter, Oxford 1935, V, p. 209, n. 692.

55. *The Chronicle of Jocelin of Brakelond*, ed. e trad. H. E. Butler, London 1949, pp. 59-60. *The Kalendar of Abbot Samson of Bury St. Edmunds and Related Documents*, ed. R. H. C. Davis, London 1954, non menziona questo mulino presso Haberdon, ma ci permette di datare con grande probabilità nel 1191 (p. 127, nota 2) la concessione a vita delle terre di Semer e di Groton, che precede immediatamente l'episodio del mulino a vento nella cronaca di Jocelin.

56. Ambroise, *L'Estoire de la guerre sainte*, ed. G. Paris, Paris 1897, vv. 3227-9.

57. P. Jaffé, *Regesta pontificum romanorum*, Leipzig 1888, n. 17 620, all'arcidiacono Bertrand di Dol in Bretagna; *Corpus juris canonici*, ed. E. Friedberg, Leipzig 1881, II, p. 563: *Decretales Gregorii IX*, lib. III, tit. 30, cap. 23.

58. P. Boissonnade, *Life and Work in Medieval Europe*, London 1927, p. 186; cfr. anche R. Bennett e J. Elton, *History of corn milling*, London 1898, II, p. 238.

59. P. Deschamps, *Crac des chevaliers*, Paris 1934, p. 269, e cfr. p. 103.

60. *Inferno*, XXXIV, 6.

61. Zanetti, *op. cit.*, p. 68. Nel 1341 i mulini a vento erano conosciuti a Milano; cfr. sotto, nota 302.

62. M. de Cervantes Saavedra, *El ingenioso hidalgo don Quijote de la Man-*

cha, ed. D. Clemencín, Madrid 1894, I, p. 189, nota 1; J. Cejador y Frauca, *La lengua de Cervantes*, Madrid 1906, II, p. 745; cfr. sopra, nota 49.

63. La rassegna generale piú documentata è B. Gille, *Le Moulin à eau, une révolution technique médiévale*, «Techniques et civilisations», III (1954), pp. 1-15; cfr. la sua sintesi *Le Machinisme au moyen âge*, «Archives internationales d'histoire des sciences», VI (1953), pp. 281-6. Come esempio dello studio di una industria, cfr. O. Johannsen, *Geschichte des Eisens*, 3ª ed., Düsseldorf 1953, pp. 92-93, che, tuttavia, manca di documentazione. Sfortunatamente vi sono fino ad ora solo poche monografie come quella di G. Sicard, *Les Moulins de Toulouse au moyen âge*, Paris 1953, che analizza, non solo il materiale pubblicato, ma anche quello di archivio.

64. E. M. Carus-Wilson, *An industrial revolution of the thirteenth century*, «Economic History Review», XI (1941), pp. 39-60; R. Lennard, *Early English fulling mills: additional examples*, *ibid.*, seconda serie, III (1951), pp. 342-3.

65. Editi da F. Mone in *Zunftorganisation vom 13. bis 16. Jahrhundert*, «Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins», XV (1863), p. 280.

66. E. Babelon, *Histoire de la gravure sur gemmes en France*, Paris 1902, p. 132: «un moulin porté par basteaulx pour pollir dyamans, aymerauds, agattes et aultres espèces de pierres». Nel XIV secolo migliori sistemi di taglio per le pietre preziose cominciarono a spostare l'interesse della oreficeria dall'oro e dagli smalti alle gemme; cfr. J. Evans, *History of Jewelry, 1100-1870*, New York 1953, pp. 71-72, 141-2; P. Grozinski, *History of diamond polishing*, «Transactions of the Newcomen Society», XXVIII (1951-3), p. 203.

67. W. J. Hocking, *Some notes on the early history of coinage by machinery*, «Numismatic Chronicle», 4ª serie, IX (1909), pp. 68-69.

68. A. Neuburger, *Die Technik des Altertums*, 2ª ed., Leipzig 1921, pp. 232-4; H. Diels, *Antike Technik*, 2ª ed., Leipzig 1920, pp. 57-61; cfr. sopra, nota 6.

69. Agazia, *De imperio et rebus gestis Justiniani imperatoris*, V, ed. B. Vulcano in *Corpus historiae byzantinae*, III, Venezia 1729, p. 105.

70. *Gesta regum Anglorum*, II, 168, ed. W. Stubbs, London 1887, I, p. 196.

71. W. Apel, *Early history of the organ*, «Speculum», XXIII (1948), p. 193.

72. *De architectura*, lib. I, cap. 6, ed. V. Rose e H. Müller-Strübing, Leipzig 1867, p. 24. Nel secolo successivo il *Pneumatikon* di Erone, ed. W. Schmidt, I, p. 312, descrive un «samovar» per la produzione di acqua calda da mischiare al vino, nel quale un getto di vapore serviva da mantice; cfr. Drachmann, *Ktesibios*, p. 131. Nessun sistema di questo genere è visibile nelle piú antiche raffigurazioni di samovar (del XII secolo) che ho trovato: Biblioteca Vaticana, Cod. graecus 747, c. 249*r*, e nove esempi nella Bibliothèque Nationale, Ms. grec 74; fotografie nel *Princeton Index of Christian Art*.

73. *Alberti Magni opera omnia*, Paris 1890, IV, p. 634: *De meteoris*, lib. IV, cap. 17, che attribuisce i terremoti alla forza di vapori sotterranei.

74. Uno strumento simile viene usato nel Tibet, ma il dr. Douglas Barrett del Department of Oriental Antiquities del British Museum mi ha informato che tutti gli oggetti di questó tipo presenti nella collezione sono a forma di uccelli. In Europa non si hanno indicazioni di *sufflatores* fatti a forma di animali prima di G. B. Isaachi, *Inventioni*, Parma 1579, pp. 18-20.

75. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, New York 1929, I, p. 705.

76. *Ibid.*, II, pp. 680, 825; J. W. Spargo, *Virgil the necromancer*, Cambridge, Mass., 1934, pp. 132-3; J. C. Russell, *Richard of Bardney's account of Robert Grosseteste's early and middle life*, «Medievalia et humanistica», II (1944), pp. 46, 48; A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-*

1700, Oxford 1953, p. 187, nota 3; J. Voskuil, *The speaking machine through the ages*, «Transactions of the Newcomen Society», XXVI (1947-9 [1953]), pp. 259-61.

77. F. M. Feldhaus, *Ein Dampfapparat von vor tausend Jahren*, «Prometheus», XXV (1913-14), pp. 69-73.

78. F. M. Feldhaus, *Die Technik der Vorzeit*, Leipzig 1914, p. 845, fig. 553.

79. A. A. Filarete, *Trattato dell'architettura*, scritto nel 1464, ed. e trad. di W. von Oettingen, *Traktat über die Baukunst*, Wien 1896, pp. 309-10.

80. *Codice atlantico*, cc. 80 *r*b, 380 *v*a, 400 *v*a; per le date, cfr. C. Pedretti, *Saggio di una cronologia dei fogli del «Codice atlantico»*, in «Studi vinciani», Genova 1957, pp. 268, 285, 286; L. Reti, *Leonardo da Vinci nella storia della macchina a vapore*, «Rivista di ingegneria», VII (1957), pp. 778-9, figg. 10-12.

81. *Di Lucio Vitruvio Pollione de architectura libri dece traducti de latino in vulgare*, Como 1521, p. 23; Feldhaus, *op. cit.*, p. 26, fig. 10.

82. L. Erker, *Allefürnemsten mineralischen Erzt und Berckwerksorten*, Praha 1574, frontespizio e c. 98*v*; cfr. *Treatise on Ores and Assaying*, trad. A. G. Sisco e C. S. Smith, Chicago 1951, frontespizio, p. 219, fig. 30; p. 326.

83. Cfr. sopra, nota 74. Per altri *sufflatores*, cfr. H. Platte, *Jewell House of Art and Nature*, London 1594, p. 25; J. Bate, *Mysteries of Art and Nature*, London 1634, pp. 23, 27-28, 158. D. Schwenter, *Deliciae Physico-mathematicae*, Nürnberg 1636, I, p. 458, e J. French, *Art of Destillation*, London 1653, p. 150, mostrano la difficoltà di prescindere dai «mantici filosofici» medioevali di ottone a forma di testa umana raffigurando *sufflatores* globulari sui quali erano dipinte facce umane.

84. *Codice Leicester*, fol. 28 *v*; cfr. Reti, *op. cit.*, p. 778; cfr. J. Wilkins, *Mathematicall Magick*, London 1648, p. 149, per lo stesso suggerimento; anche pp. 151-2 per eolipile per suonare campane, per far oscillare culle, avvolgere il filo, e cosí via.

85. *Le Machine*, Roma 1629, fig. 25.

86. *Magnes, sive de arte magnetica*, Roma 1641, p. 616: «Ego plurimas quoque machinas huius ope circumago.»

87. *Ibid.*, p. 599, mostra una pompa azionata da una turbina a vento orizzontale, nella quale il vento è simbolizzato con una testa eolia che soffia.

88. *Op. cit.*, nella sua nota che precede la fig. 41.

89. Le prime pompe a vapore furono brevettate nel 1630 e nel 1661; cfr. C. Matschoss, *Entwicklung der Dampfmaschine*, Berlin 1908, I, p. 284. Qualche cosa del genere si veniva però sviluppando precedentemente nelle miniere dell'Europa centrale. J. C. Poggendorff, *Geschichte der Physik*, Leipzig 1879, p. 529, cita il famoso pastore luterano di Joachimsthal in Boemia, J. Mathesius, *Sarepta oder Bergpostilla*, Nürnberg 1562, che esorta il suo gregge: «Ihr Bergleute sollet auch in euren Bergreyen rühmen den guten Mann, der Berg (Gestein) und Wasser mit dem Wind auf den Platten anrichten zu heben, wie man jetzt auch, doch am Tage, Wasser mit Feuer heben soll!» Inoltre il ceco J. J. V. Dobrzensky, *Nova et amaenior de admirando fontium genio, philosophia*, Ferrara 1657 o 1659, pp. 65-67, 77, 104-107, descrive macchine che impiegano il calore per sollevare l'acqua in una maniera analoga a quella di R. D'Acres, *The Art of Water Drawing*, London 1659, ed. R. Jenkins, Cambridge 1930, pp. VIII-IX, 6-7, e di Edward Somerset, marchese di Worcester, *A Century... of Inventions*, London 1663, ed. H. Dircks, London 1865, p. 551. Dircks, pp. 540-4, sottolinea il fatto che il *sufflator* è il principale antenato della macchina a vapore.

90. Ms. B., 33*r*, ed. C. Ravaisson-Mollien, Paris 1883; cfr. Reti, *op. cit.*, pp. 779-83, fig. 14.

91. Cfr. sopra, nota 81.

92. R. Hennig, *Beiträge zur Frühgeschichte der Aeronautik*, «Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie», VIII (1918), pp. 105-108, 110-114, e J. Duhem, *Les Aérostats du moyen-âge d'après les miniatures de cinq manuscrits allemands*, «Thalès», II (1935), pp. 106-14, trovano antecedenti dei palloni ad aria calda dei tempi moderni nei dragoni aerei del XV secolo tenuti sollevati da lampade poste nella testa. Essi trascurano però il documento piú spettacolare: un dragone, all'estremità di una corda tenuta da tre soldati, che vola su una città assediata e lascia cadere bombe incendiarie; cfr. Walter de Milimete, *De nobilitatibus... regum* del 1327, ed. M. R. James, Oxford 1913, tav. 154. D. Schwenter, *Deliciae physico-mathematicae*, Nürnberg 1636, I, p. 472, illustra un dragone di questo tipo guidato da una corda legata ad un rocchetto. Secondo P. Huard, *Sciences et techniques de l'Eurasie*, «Bulletin de la Société des études indochinoise», seconda serie, XXV (1950), p. 137, nel 1812 l'armata russa usava ancora dei dragoni di fuoco come armi psicologiche contro l'esercito napoleonico.

93. Leonardo, *Codice atlantico*, c. 51*va*, databile intorno al 1485; cfr. Pedretti, *op. cit.*, p. 267; Uccelli, *op. cit.*, p. 13, figg. 37-38.

94. E. R. Huc, *Travels in Tartary*, trad. W. Hazlitt, New York 1927, p. 195.

95. Cfr. J. Baltrušaitis, *Le Moyen Âge fantastique: antiquités et exotismes dans l'art gothique*, Paris 1955, p. 247.

96. *Op. cit.*, fig. 2. Branca tentò di aumentare la potenza effettiva riducendo la velocità di rotazione per mezzo di una serie di sei ingranaggi.

97. B. P. Sinha, *Art of war in ancient India, 600 B.C.-300 A.D.*, «Journal of World History», IV (1957), p. 155; cfr. *Mahābhārata*, trad. P. C. Ray, Calcutta 1887, III, p. 413.

98. E. W. Hopkins, *The social and military position of the ruling caste in ancient India*, «Journal of the American Oriental Society», XIII (1888) p. 279.

99. J. Hornell, *South Indian blow-guns, boomerangs, and crossbows*, «Journal of the Royal Anthropological Society of Great Britain and Ireland», LIV (1924), p. 326, nota 1, p. 333. R. Heine-Geldern, dell'Istituto antropologico dell'università di Vienna, mi informa per lettera che, secondo la sua opinione, tutte le forme di cerbottana sono state introdotte in India dalla Malesia, e che Hornell, p. 335, è in errore nel credere che il tipo Kādar sia indigeno.

100. VII, 7, trad. E. Lacoste, *La Poliorcétique de Apollodore de Damas*, «Revue des études grecques», III (1890), p. 268. Dal momento che il passo tratta di tubi per combattere con il fuoco, questi non possono essere stati semplici canne coperte di vischio.

101. M. Mercier, *Le Feu grégeois*, Paris 1952, p. 27.

102. C. Cahen, *Un traité d'armurerie composé pour Saladin*, «Bulletin d'études orientales de l'Institut Français de Damas», XII (1948), pp. 136, 155, nota 3.

103. Jalalu'd Dīn Rūmi, *Mathnawī*, VI, v. 4578, trad. R. A. Nicholson, London 1934, p. 511; cfr. A. K. Coomaraswamy, *The blowpipe in Persia and India*, «American Anthropologist», XLV (1943), p. 311; K. A. Creswell, *Bibliography of Arms and Armour in Islam*, Bristol 1956, pp. 51-52.

104. D. Ayalon, *Gunpowder and Firearms in the Mamluk Kingdom*, London 1956, pp. 24, 59, 61, 118, nota 75. *Ibid.* 61. Ayalon ritiene che un'altra parola per «archibugio» o arma portatile in genere, *bunḍuqīya*, sia derivata da *bunḍuq*, «pallottola», piuttosto che da *al-Bunduqīya*, «Venezia».

105. H. T. Horwitz, *Feuerlanze oder Spritze?*, «Zeitschrift für historiche Waffenkunde», VII (1915-17), pp. 344-5.

106. B. A. L. Cranstone, *The blowgun in Europe*, «Man», XLIX (1949), p. 119, che si riferisce a British Museum, Add. Ms. 36684, c. 44.

107. *Ibid.*, fig. 1, dalla Bibliothèque de l'Arsenal, Ms. 5064 (cfr. anche *Le Livre des saisons*, Genève 1942, tavola non numerata), e «Life», XXII, 3 (26 mag-

gio 1947), p. 77, dalla Morgan Library. Ambedue i manoscritti sono di Pietro de' Crescenzi, *Liber ruralium commodorum* (del 1306 circa), ed un esame della tradizione manoscritta dei 132 manoscritti esistenti dell'opera (elencati da L. Frati nel simposio *Pier de' Crescenzi: studi e documenti*, a cura di T. Alfonsi e altri, Bologna 1933, pp. 265-306) potrebbe gettare luce sulle cerbottane europee.

108. C. Battisti e G. Alessio, *Dizionario etimologico italiano*, Firenze 1951, II, p. 863.

109. *Enciclopedia universal illustrada*, XII, p. 1192, s. v. *cerbatana*.

110. Hornell, *op. cit.*, p. 334; K. Kokotsch, *Etymologisches Wörterbuch der europäischen Wörter orientalischen Ursprungs*, Heidelberg 1927, n. 2201.

111. F. M. Feldhaus, *Zur Geschichte der Windbüchse*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», III (1902-5), pp. 271-2. Per la storia successiva del fucile ad aria, vedi Feldhaus, *Das Luftgewehr als Kriegswaffe*, *ibid.*, III (1902-5), p. 368, e cfr. p. 334; IV (1906-8), p. 153.

112. *Nautica mediterranea*, Roma 1607, p. 521.

113. M. Mersenne, *Cogitata physico-mathematica*, Paris 1644, pp. 149-53.

114. J. Wilkins, *Mathematicall Magick*, London 1648, p. 153.

115. O. von Guericke, *Neue «Magdeburgische» Versuche über den leeren Raum* (1672), trad. F. Dannemann, Leipzig 1894, pp. 82-84, con figg.

116. D. Papin, *An account of an experiment, shown before the Royal Society, of shooting, by the rarefication of air*, «Philosophical Transactions», XVI (1686), n. 176, pp. 21-22, tav. 1, fig. 5.

117. Una seconda invenzione malese, e non senza rapporti con la prima, il pistone a fuoco, può aver avuto un'importante influenza sulla comprensione, da parte degli europei, della pressione dell'aria e delle sue applicazioni. H. Balfour, *The fire piston*, in *Anthropological Essays presented to E. B. Tylor*, Oxford 1907, pp. 17-49, ristampato in «Annual Report of the Smithsonian Institution» (1907), pp. 565-93, presenta una cartina della sua distribuzione nell'Asia sud-orientale, che prova che non può essere stato introdotto dall'Europa. D'altra parte tanti europei hanno commerciato, combattuto e dominato le Indie per un periodo cosí lungo che, per quanto non sia citato alcun caso, essi devono aver osservato il pistone a fuoco in quell'area prima che esso apparisse in Europa alla fine del XVIII secolo. La piú importante applicazione del calore adiabatico è il motore Diesel.

118. Lo sviluppo successivo dei razzi non sembra essere stato influenzato dalla conoscenza che l'antichità classica aveva del principio di reazione, come, forse, nell'uccello meccanico volante di Archita, o l'eolipila di Erone; cfr. P. Tasch, *Conservation of momentum in antiquity: a note on the prehistory of the principle of jet-propulsion*, «Isis», XLIII (1952), pp. 251-2; E. C. Watson, *Heron's «ball on a jet» experiment*, «American Journal of Physics», XXII (1954), pp. 175-6; cfr. sopra, nota 8.

119. Cfr. G. Guy, *Le Pape Alexandre VI a-t-il employé les armes chimiques?*, «Mémoires et documents publiés par la Société de l'École de Chartes», XII, 2 (1955), pp. 321-34, per una lettera, probabilmente del 1495 o del 1496, del comandante delle forze francesi nel castello di Ostia, che accusa Alessandro VI di usare «feu ardant et fumée empoisonnant, qui sont chouses donnans mors plus honteusez et abhominablez que glaive».

120. C. Zenghelis, *Le Feu grégeois et les armes à feu des Byzantins*, «Byzantion», VII (1932), pp. 265-86; M. Mercier, *Le Feu grégeois: les feux de guerre depuis l'antiquité; la poudre à canon*, Paris 1952, p. 14. Nel 399 d. C. Claudiano, *De Flavii Malii Theodori consulatu*, vv. 325-30, ed. M. Platnauer, London 1922, I, p. 362, menziona fuochi d'artificio teatrali a forma di fiaccole; tali giochi pirotecnici si incontrano in poesie cinesi del 605-16 d. C.; cfr. Wang Ling, *On the invention and use of gunpowder and firearms in China*, «Isis», XXXVII (1947), p.

164. Intorno al 919 la nafta arabica, probabilmente mischiata a calce viva per facilitare la combustione, veniva usata dagli eserciti cinesi (*ibid.*, p. 167), ed intorno al 1004 questa miscela veniva lanciata da una siringa di metallo o da un tubo simile a quelli usati precedentemente dai bizantini; *ibid.*, fig. 2; cfr. sotto, nota 135.

121. E. Rust, *Aus der Geschichte des Salpeters*, «Technik für Alle», VII (1916-17), pp. 151-4; per gli sviluppi nel periodo successivo cfr. F. Baillot, *Pyrotechnie militaire au 16e siècle*, «Science et la vie», XI (1916-17), pp. 349-58.

122. T. L. Davis e J. R. Ware, *Early Chinese military pyrotechnics*, «Journal of Chemical Education», XXIV (1947), pp. 522-37; T. L. Davis, *Early Chinese rockets*, «Technology Review», LI (1948), p. 101; Wang Ling, *op. cit.*, p. 172; L. C. Goodrich e Fêng Chia-shêng, *The early development of firearms in China*, «Isis», XXXVI (1946), p. 117. Le canne di bambú, portate da due soldati e riempite di polvere esplosiva, nel 1132 (*ibid.*, p. 116) erano senza dubbio delle candele romane piuttosto che dei bazookas. Sembra che nel 1259 sia stato usato in Cina un tubo che sparava non solo una specie di fuoco greco, ma anche un proiettile, forse una palla di fuoco, ma, dal momento che il tubo era ancora di bambú, non prevedeva certo una forte esplosione; *ibid.*, p. 117. La valutazione dei documenti cinesi è resa difficile dall'uso frequente della stessa parola per indicare i proiettili e le macchine utilizzate per lanciarli; e, comprensibilmente, non vi è una netta demarcazione fra i materiali incendiari e quelli esplosivi. Ma, intorno al 1231, bombe di metallo o granate con polvere esplosiva, spesso lanciate da un «proto-trebuchet» azionato dall'uomo, erano in uso nell'Asia orientale; *ibid.*, p. 117; Wang Ling, *op. cit.*, p. 170.

123. A. Hausenstein, *Zur Entwicklungsgeschichte der Rakete*, «Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen», XXXIV (1939), p. 172; W. Ley, *Rockets in battle*, «Technology Review», XLIX (1946), p. 96. Mercier, *op. cit.*, pp. 26-27, sostiene che verso la fine del IX secolo i bizantini usavano razzi contenenti fuoco greco, e azionati da questo.

124. Il piú antico riferimento europeo ad una polvere esplosiva contenente salnitro è quello di Ruggero Bacone, *De secretis operibus*, cap. 6, in *Opera inedita*, ed. J. S. Brewer, London 1859, p. 536, che parla di petardi e di qualcosa di simile ai razzi; sulla data cfr. sotto, nota 357; cfr. anche S. J. von Romocki, *Geschichte der Explosivstoffe*, Berlin 1895, I, p. 103; Hausenstein, *op. cit.*, p. 139; R. Sterzel, *Die Vorläufer des Schiesspulvers*, in *Beiträge zur Geschichte der Handfeuerwaffen: Festschrift Moritz Thierbach*, Dresden 1905, p. 20.

125. G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, II, Baltimore 1931, p. 1036, sostiene che il *bārūd* non fosse necessariamente salnitro, ma gli sfugge la testimonianza di al-Ḥassan al-Rammāh.

126. Romocki, *op. cit.*, I, pp. 70-71, fig. 14.

127. M. Berthelot, *La Chimie au moyen âge*, Paris 1893, II, p. 198.

128. *La Pirotechnia*, Venezia 1540, p. 166; trad. ingl. C. S. Smith e M. T. Gnudi, New York 1942, pp. 442-43. Per sviluppi successivi in Occidente, cfr. Hanzelet Lorrain (Jean Appier), *La Pirotechnie*, Pont à Mousson 1630, pp. 224-225, 234-239; F. Malthus, *Traité des feux artificiels pour la guerre et pour la récréation*, Paris 1629, pp. 57-125. La grande elaborazione dei fuochi d'artificio nell'epoca barocca è indicata da un volantino di quattro pagine a stampa della Biblioteca Vaticana, Vat. lat. 7495, *Explication du feu d'artifice dressé devant l'Hostel de Ville par les ordres de Messieurs les Prevost des Marchands et Echevins de la Ville de Paris au sujet de la paix concluë entre la France et la Savoye*, Paris 1696, che spiega le iscrizioni latine e greche dei vari pezzi.

129. Non ho trovato prove di un'influenza cinese sui fuochi d'artificio occidentali anteriori a G. B. della Porta, *Magia Naturalis*, Napoli 1589, lib. 20, cap. X,

facsimile della trad. inglese, London 1658, ed. D. J. Price, New York 1957, p. 409, che descrive un aquilone con petardi sulla coda; cfr. anche J. Bate, *Mysteries of Art and Nature*, London 1634, pp. 80-82. Gli aquiloni erano conosciuti in Cina fin dall'epoca Han almeno; cfr. Wang Ch'ung, *Lun-hêng*, trad. A. Forke, Berlin 1907, I, p. 499. Secondo A. S. Brock, *History of Fireworks*, London 1949, p. 25, i fuochi d'artificio per i giorni di festa furono introdotti in Giappone, non dai cinesi, ma, intorno al 1600, dagli olandesi.

130. Cfr. specialmente O. Guttmann, *The Manufacture of Explosives*, London 1895, I, pp. 2-11. Tentativi come quello di H. J. Rieckenberg, *Bertold, der Erfinder des Schiesspulvers: eine Studie zu seiner Lebensgeschichte*, «Archiv für Kulturgeschichte», XXXVI (1954), pp. 316-32, falsano interamente il problema. La leggenda di Berthold Schwarz è stata, inoltre, distrutta da F. M. Feldhaus, *Berthold der Schwarze, anno 1380*, «Zeitschrift für das gesamte Schiess-und Sprengstoffwesen», I (1906), pp. 413-15; III (1908), p. 118; e *Was wissen wir von Berthold Schwarz?*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», IV (1906-8), pp. 65-69, 113-18, 286.

131. Monaco di Baviera, Bayerische Staatsbibliothek, Codex icon. 242, cc. 16*v*, 37*r*, 40*r*; Romocki, *op. cit.*, I, pp. 231-40, figure 47-49, lo data intorno al 1420; A. Birkenmajer, *Zur Lebensgeschichte und wissenschaftlichen Tätigkeit von Giovanni Fontana (1395?-1455?)*, «Isis», XVII (1932), pp. 34-53, tenta di datarlo un poco dopo. Cfr. anche M. Jähns, *Geschichte der Kriegswissenschaften*, München 1889, I, p. 276, e, sulle propulsioni a reazione di Fontana, F. M. Feldhaus, *Modernste Kriegswaffen, alter Erfindungen*, Leipzig 1915, pp. 81-82; L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, IV, New York 1934, p. 156, lo data al 1410-49.

132. L.Thorndike, *op. cit.*, IV, 1934, pp. 156, 172-3, 665-6.

133. *Ibid.*, p. 174.

134. M. Salmi, *Disegni di Francesco di Giorgio nella Collezione Chigi Saracini*, Siena 1947, figg. 13, 14 e p. 43 per le date.

135. Alla fine del secolo, *Leonis imperatoris Tactica*, V, 3, ed. R. Vári, Budapest 1917, I, p. 92, cita tubi «lanciafiamme» anche come equipaggiamento per cavalieri. Per una straordinaria raffigurazione dell'XI secolo di un'arma da fuoco portatile che lancia fuoco greco, cfr. Diels, *Antike Technik*, tav. VIII. Wang Ling, *op. cit.*, p. 172, riporta due passi del 1274 e del 1281 per dimostrare l'uso del cannone con canne metalliche da parte dei cinesi. Il primo, tuttavia, può essere interpretato come un trabucco che lancia granate a polvere da sparo, il secondo come un tubo di metallo per lanciare fuoco greco.

136. R. C. Clephan, *A sketch of the history and evolution of the hand gun up to the close of the fifteenth century*, in *Beiträge zur Geschichte der Handfeuerwaffen: Festschrift M. Thierbach*, Dresden 1905, p. 34. Nel 1380 la città di Saint-Flour fece delle bombe di pece greca da gettare, con trabucchi, contro gli inglesi, e furono aggiunti a queste bombe dei contenitori con polvere da sparo che dovevano esplodere e spargere la sostanza incendiaria; cfr. M. Boudet, *Note sur la fabrication du feu grégeois en Auvergne au XIVe siècle*, «Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne» (1906), p. 288.

137. Zenghelis, *op. cit.*, p. 285. Questo può essere stato suggerito dalle armi a soffio, se le prime cerbottane medioevali lanciavano pallottole e non frecce; cfr. sopra, p. 157. Un ulteriore progresso che apre la strada alla palla da cannone fu l'esatta calibrazione delle palle di pietra per i trabucchi, che si trova già nel 1244 in Inghilterra, nella descrizione di un ingegnere; cfr. J. Harvey, *English Mediaeval Architects*, London 1954, p. 111.

138. Christ Church, Oxford, Ms. di Walter di Milimete, *De officiis regum*, c. 70*v*. La copiatura del manoscritto iniziò nel 1326, ma, dal momento che era

dedicato «ad honorem illustris domini Edwardi dei gracia Regis anglie incipientis regnare», e donato al re, e la raffigurazione dell'arma è nell'ultima pagina, questa non può essere anteriore alla fine del 1327, quando Edoardo III, ancora ragazzo, iniziò il regno; cfr. *The Treatise of Walter de Milimete De nobilitatibus, sapientiis et prudentiis regum, reproduced in facsimile*, ed. M. R. James, Oxford 1913, tav. 140; O. Guttmann, *Monumenta pulveris pyrii*, London 1906, tav. 69; F. M. Feldhaus, *Die älteste Darstellung eines Pulvergeschützes*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», V (1909-11), p. 92. B. Rathgen, *Das Aufkommen der Pulverwaffe*, München 1925, p. 65, sostiene che le miniature di questo manoscritto «sind mindestens 75 Jahre jünger als die Handschrift selber»; ma si dona un manoscritto incompiuto ad un re? Diels, *op. cit.*, p. 110, nota, 2, ritiene che questa raffigurazione non rappresenti un cannone a polvere da sparo ma il perfezionamento finale di uno strumento per lanciare fuoco greco insieme con una freccia. Date le importanti testimonianze sui cannoni che si incontrano subito dopo, l'ipotesi sembra forzata.

139. Ed. e trad. Berthelot, *op. cit.*, p. 119, §§ 32-33, che parlano anche di razzi e di petardi.

140. R. C. Clephan, *op. cit.*, p. 35.

141. L. Lacabane, *De la poudre à canon et de son introduction en France*, «Bibliothèque de l'École des Chartes», VI (1844), p. 36. Le numerose pretese di apparizioni antecedenti di cannoni sono vagliate da Rathgen, *op. cit.*; Allouche, *Un texte relatif aux premiers canons*, «Hespéris», XXXII (1945), pp. 81-84, sostiene che la prima documentazione relativa a questa artiglieria risalga all'assedio musulmano di Huescar, del 1324, quando un proiettile arroventato venne lanciato per mezzo di una macchina funzionante a *naft*. Rathgen, p. 11, seguendo essenzialmente Romocki, *op. cit.*, pp. 80-82, mostra come queste pretese attribuzioni relative al Magrib dell'inizio del XIV secolo si riferiscono tutte al lancio di fuoco greco; cfr. D. Ayalon, *Gunpowder and Firearms in the Mamluk Kingdom: A Challenge to a Mediaeval Society*, London 1956, p. 7, nota 7. Dal momento che il fuoco greco quando viene lanciato manda rumori simili a tuoni, la comparsa di un Johannes Donerschutte de Osterike, a Soest, nel 1330 e nel 1331, non costituisce, da sola, la prova dell'esistenza di cannoni; cfr. H. Rothert, *Wann und wo ist die Pulverwaffe erfunden?*, «Blätter für deutsche Landesgeschichte», LXXXIX (1952), pp. 84-86.

142. Rathgen, *op. cit.*, pp. 42, 30.

143. L. C. Goodrich, *Note on a few early Chinese bombards*, «Isis», XXXV (1944), p. 211, figg. 1 e 2; *ibid.*, XXXVI (1946), p. 122, nota 27; pp. 120, 251; Wang Ling, *op. cit.*, p. 175; cfr. sopra, nota 135.

144. Per un elenco degli occidentali di cui si sappia che furono in Cina ed in India dal 1261 al 1349, cfr. R. Gallo, *Marco Polo, la sua famiglia e il suo libro*, in *Nel VII centenario della nascita di Marco Polo*, Venezia 1955, pp. 147-9; cfr. anche R. S. Lopez, *Nuove luci sugli italiani in Estremo Oriente prima di Cristoforo Colombo*, «Studi Colombiani: pubblicazioni del Civico istituto Colombiano, Genova», III (1952), pp. 337-98.

145. B. Rathgen, *Die Pulverwaffe in Indien: die europäische Herkunft derselben*, «Ostasiatische Zeitschrift», XII (1925), pp. 11-13; H. Goetz, *Das Aufkommen der Feuerwaffen in Indien*, ibid., pp. 226-9; cfr. sotto, nota 147.

146. Ayalon, *op. cit.*, p. XV; cfr. pp. 10-24.

147. *Ibid.*, pp. 3-4. Sarebbe desiderabile avere una datazione piú esatta di un'illustrazione, proveniente da un manoscritto arabo attribuito all'inizio del XIV secolo, rappresentante un'arma da fuoco portatile posta all'estremità di un bastone; cfr. O. Baarmann, *Die Entwicklung des Geschützlafette bis zum Beginn des 16. Jahrhunderts und ihre Beziehungen zu der des Gewehrschaftes*, in *Fest-*

schrift M. Thierbach, Dresden 1905, p. 55, fig. 1. L'illustrazione può rappresentare un tubo per lanciare fuoco greco. Syed Abu Zafar Nadvi, *The use of cannon in Muslim India*, «Islamic Culture», XII (1938), p. 405, ritiene che le «pietre occidentali (*sang-i-maghribī*)» usate nell'assedio di Ranthambar nel 1299-1300 d. C., fossero palle di cannone. Tuttavia le «macchine occidentali (*manjanīqhā-i-maghribī*)» usate in India e nell'Islam dopo il 1220 circa, erano una specie di trabucchi; cfr. M. A. Makhdoomee, *Mechanical artillery in medieval India*, «Journal of Indian History», XV (1936), p. 193; C. Cahen, *Un traité d'armurerie composé pour Saladin*, «Bulletin d'études orientales de l'Institut Français de Damas», XII (1948), p. 158, nota 6.

148. L. Reti, *Leonardo da Vinci nella storia della macchina a vapore*, «Rivista di ingegneria», VII (1957), p. 778, fig. 20.

149. R. Jenkins, *Collected Papers*, Cambridge 1936, p. 44.

150. A. K. Bruce, *On the origin of the internal combustion engine*, «Engineer», CLXXIV (1942), p. 383, lo data erroneamente al 1680; cfr. C. Huygens, *Œuvres complètes*, VII, L'Aia 1897, pp. 356-8; XXII (1950), p. 241.

151. Jenkins, *loc. cit.* Per gli sviluppi dal 1678 in poi, cfr. Y. Le Gallec, *Les Origines du moteur à combustion interne*, «Techniques et civilisations», II (1951), pp. 28-33.

152. P. Reimer, *Das Pulver und die ballistichen Anschauungen im 14. und 15. Jahrhundert*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», I (1897-9), pp. 164-6.

153. A. von Essenwein, *Quellen zur Geschichte der Feuerwaffen*, Leipzig 1872, p. 25, sostiene che l'opera di Konrad Kauder, *Feuerwerkbuch*, scritta nel 1429, Biblioteca statale di Monaco di Baviera, Cod. germ. 4902, cita la polvere in grani.

154. In Inghilterra la prima persona di rilievo uccisa da un'arma da fuoco portatile fu il duca di Shrewsbury, nel 1453; cfr. Clephan, *op. cit.*, p. 52. Un espediente meccanico strettamente collegato all'efficienza dell'arma da fuoco, ma ancora inadeguatamente studiato, è la rigatura. Gli antichi sapevano che un giavellotto scagliato in movimento rotatorio era piú preciso di un altro privo di tale movimento; cfr. R. F. Crook, *Did the ancient Greeks and Romans understand the importance of the effect produced by rifling in modern guns?*, «Classical Review», XXX (1916), pp. 46-48. Stephen Grancsay, Curator of Arms and Armours del Metropolitan Museum of Art, mi ha mostrato frecce turche con piume a spirale di data incerta, e piume di questo tipo sono considerate normali da R. Ascham, *Toxophilus, the Schole of Shooting*, London 1545, in *English Works*, ed. W. A Wright, Cambridge 1904, p. 91: «Youre fether muste stande almooste streyght on, but yet after that sort that it maye turne rounde in flyinge... the shafte in flyenge must turne rounde.» Si sa, ma senza datazione certa, che alcune balestre del tardo Medioevo lanciavano i proiettili attraverso canne rigate a spirale; cfr. M. Bennett, *The Story of the Rifle*, London 1944, p. 8; C. H. B. Pridham, *Superiority of Fire*, London 1945, p. 9. L. A. Muratori, *Antiquitates Italiae medii aevi*, Milano 1739, II, pp. 518-19, discute di quadrelle rotanti da archibugio, *gerectoni*, *werrestones*, *veretoni*, una parola di origine germanica. Secondo M. Thierbach, *Geschichte der Handfeuerwaffen*, Leipzig 1899, p. 169, piccole armi da fuoco a canna rigata vennero usate in una gara di tiro a Lipsia nel 1498, e da allora in poi divennero comuni nell'Europa centrale per la caccia. Forse a causa del costo della rigatura, le fanterie europee usarono canne lisce fino alla metà del XIX secolo. Immigranti dalla Svizzera e dal Palatinato introdussero la canna rigata nella Pennsylvania, dove fu messo a punto un tipo di canna più lungo, ed un calibro inferiore e piú economico, creando cosí l'arma tipica degli uomini della frontiera; cfr. F. Reichmann, *The Pennsylvania rifle: a social interpretation of changing military techniques*, «Pennsylvania Magazine of

History and Biography», LXIX (1945), pp. 8-9. La velocità di carica fu aumentata di molto, mentre veniva ridotta l'usura, adottando una borra di pelle di daino ingrassata, e borre di feltro ingrassate erano state menzionate per la prima volta nel 1644 dallo spagnolo Alonzo Martines de Espinar; cfr. W. M. Cline, *The Muzzle-loading Rifle*, Huntington 1942, p. 9. La superiorità del fucile a canna rigata della Pennsylvania sulle armi inglesi è stata, secondo alcuni, una delle ragioni del successo della rivoluzione americana.

155. A. Chapuis e E. Gélis, *Le Monde des automates: étude historique et technique*, Paris 1928, pp. 31-47; A. Chapuis, *Les Automates*, Neuchâtel 1949, pp. 35-45; E. Herzfeld, *Der Thron des Khosrô*, «Jahrbuch der preussische Kunstsammlungen», XLI (1920), pp. 1-24, 103-47; G. von Grunebaum, *Medieval Islam*, 2ª ed., Chicago 1954, p. 29, nota 68; p. 30, nota 69; V. Raghavan, *Yantras or Mechanical Contrivances in Ancient India*, Bangalore 1952, pp. 12-30; G. Brett, *The automata in the Byzantine «Throne of Solomon»*, «Speculum», XXIX (1954), pp. 477-87; J. W. Perkins, *Nero's Golden House*, «Antiquity», XXX (1956), pp. 209-19.

156. Il tentativo di E. Sander, *Der Verfall der römischen Belagerungskunst*, «Historische Zeitschrift», CXLIX (1934), pp. 457-76, di dimostrare che dopo il IV secolo l'arte degli assedi cadde in decadenza, è respinto sia per quanto riguarda Bisanzio che l'Occidente da F. Lammert, *Die antike Poliorketik und ihr Weiterwirken*, «Klio», XXXI (1938), p. 389-411.

157. Goodrich e Fêng Chia-shêng, *op. cit.*, p. 114; Wang Ling, *op. cit.*, p. 168. Le prime rappresentazioni cinesi di questa artiglieria sono molto piú tarde; cfr. Goodrich e Fêng, figg. 1 e 2; Wang Ling, p. 171; W. Gohlke, *Das Geschützwesen des Altertums und des Mittelalters, III: Das mittelalterliche Wurfzeug*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», V (1909-11), p. 379, fig. 26; K. Huuri, *Zur Geschichte des mittelalterlischen Geschützwesens aus orientalischen Quellen*, Helsinki 1941, p. 215, figg. 13, 14. L'opinione di Huuri che il «proto-trabucco» a forza umana si diffuse intorno al 700 verso occidente manca di documentazione, come pure l'opinione di F. Lot, *L'art militaire et les armées au moyen âge*, Paris 1946, I, p. 222, secondo la quale i «nova et exquisita machinamentorum genera» usati da Carlo il Calvo nell'873 contro Angers (Reginone di Prüm, *Chronicon*, ed. F. Kurze, Hannover 1890, p. 106), o le macchine usate dai difensori di Parigi nell'886 (Abbone, *De bello parisiaco*, ed. G. H. Pertz, Hannover 1871, vv. 156-7, 213-14, 360-6) erano trabucchi a contrappeso.

158. Biblioteca Nazionale di Torino, MS. lat. 93, c. 181 *r*; G. G. King, *Divagations on the Beatus*, «Art Bulletin», VIII (1930), p. 57, fig. 3.

159. *De expugnatione Lyxbonensi*, ed. C. W. David, New York 1936, p. 143, dove era azionata da squadre di 100 uomini, ed era chiamata fionda balearica. Il nome non indica probabilmente una diffusione dalle isole Baleari, ancora musulmane, ma è piuttosto un riferimento all'antica abilità degli abitanti delle Baleari come tiratori di fionda; cfr. E. Hübner, *Baliares*, in Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*, II (1896), col 2824. Per altre raffigurazioni di questo strumento di transizione, vedi le tavole di Pietro di Eboli, *Liber ad honorem Augusti*, ed. G. B. Siragusa, Roma 1905; questo manoscritto può essere datato al 1196-7; per un'altra raffigurazione, datata al 1182, cfr. *Annales januenses*, ed. G. H. Pertz, *MGH, Scriptores*, XVIII (1863), tav. III; cfr. W. Erben, *Beiträge zum Geschützwesen im Mittelalter*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», VII (1916), pp. 85-102, 117, 129.

160. C. Cahen, *op. cit.*, pp. 141-2, fig. 14.

161. Johannes Codagnellus, *Annales placentini*, ed. A. Holder-Egger, Hannover 1901, p. 25, scrivendo prima del 1235, menziona un trabucco a Cremona nel 1199.

162. Per quanto la parola apparentemente derivi dal termine *duckingstool* (la sedia, in latino *cathedra stercoris*, legate alla quale si immergevano le meretrici e le adultere) non ne ho trovato traccia prima del 1205-6, in un accordo raggiunto «de libertatibus francorum plegiorum et furcarum et Trebucheti» a Warlington, nel Suffolk; cfr. *The Kalendar of Abbot Samson of Bury St. Edmunds*, ed. R. H.C. Davis, London 1954, pp. 135-6. P. Bonenfant, *Le «Marais» Saint Jean où l'«on noyait les adultères»*, «Société Royale d'Archéologie de Bruxelles, Annales», XLVI (1942-3), p. 247, offre del materiale sulla *duckingstool* relativo all'Europa continentale, che completa J. W. Spargo, *Judicial Folklore in England Illustrated by the Ducking Stool*, Durham, N.C. 1944, p. 87.

163. Cfr. sopra, nota 141.

164. Huuri, *op. cit.*, p. 64, nota 1; l'artiglieria a torsione è tuttavia ancora illustrata nel 1327 in Walter de Milimete, *op. cit.*, tav. 156.

165. Ayalon, *op. cit.*, p. 33, nota 29.

166. H. Yule, *The Book of Ser Marco Polo*, 3ª ed., London 1929, II, pp. 159-160, 168. I documenti cinesi attribuiscono invece questa nuova macchina, chiamata *hui-hui-p'ao*, ai tecnici musulmani; cfr. L. C. Goodrich e Fêng Chia-shêng, *op. cit.*, p. 118, specialmente nota 15. Sfortunatamente questo pregevole articolo non considera l'artiglieria cinese nel contesto dei progressi musulmani e franchi, e ricostruisce quindi erroneamente lo *hui-hui-p'ao* come un cannone con una canna che può essere alzata od abbassata in modo da regolare la traiettoria del proiettile; cfr. p. 119. Ma, sulla base dei testi portati dagli autori, si tratta del *maghribī* o trabucco «occidentale» con un contenitore oscillante a contrappeso, che può essere adattato rispetto all'articolazione del braccio, in modo che, variando la lunghezza della leva, si modifichi la traiettoria. Sul problema generale delle discrepanze tra il resoconto di Marco Polo e quello dei documenti cinesi, cfr. L. Olschki, *Marco Polo's Asia*, Berkeley 1960, pp. 342-4.

167. R. Payne-Gallwey, *Projectile-throwing Engines of the Ancients*, London 1907, p. 27.

168. Intorno al secondo quarto del XIV secolo Giovanni Buridano ci dice che queste macchine potevano lanciare proiettili di 500 kg; cfr. A. Maier, *Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie*, 2ª ed., Roma 1951, p. 209, v. 85.

169. B. R. Motzo, *Il compasso da navigare*, Cagliari 1947, p. XLII, cita un'opera poetica di Francesco da Barberino, scritta nel 1306-13, in cui si dice che il navigatore dipende dal compasso, dalla carta e dall'«arlogio», presumibilmente una clessidra a sabbia. Nel 1345, in Inghilterra, è registrato un pagamento «pro XII orologiis vitreis» acquistati in Fiandra per la navigazione; cfr. N. H. Nicolas, *History of the Royal Navy*, London 1847, II, p. 476. Nel 1374 un orologio per una nave è citato a Colonia; cfr. E. Zinner, *Aus der Frühzeit der Räderuhr*, «Deutsches Museum: Abhandlungen und Berichte», XXII, 3 (1954), p. 17. G. P. B. Naish, *The dyall and the bearing-dial*, «Journal of the Institute of Navigation, VII (1954), p. 205, cita un poema spagnolo, *El Vitorial*, del 1404, che mostra come le clessidre a sabbia venissero usate per accertarsi della direzione e della velocità della nave; nel 1410-12 tali clessidre, chiamate *dyalls*, compaiono negli inventari inglesi delle navi; *loc. cit.* Rappresentazioni di orologi a sabbia appaiono per la prima volta nel 1442, in un quadro di Petrus Christus, ora al Detroit Institute of Art, e nel 1440-50, in uno a Norimberga; cfr. E. Zinner, *Die Sanduhr*, «Die Uhr», IX, n. 24 (1955), pp. 38-39, figg. 2, 3. Solo alla fine del XV secolo la clessidra appare come un attributo del Padre Tempo; cfr. E. Panofsky, *Studies in Iconology*, New York, 1939, pp. 80, 82, nota 50, fig. 55.

170. La letteratura dotta contiene solo due studi sulla manovella: H. T. Horwitz, *Die Drehbewegung in ihrer Bedeutung für die Entwicklung der materialen Kultur*, «Anthropos», XXVIII (1933), pp. 721-57; XXIX (1934), pp. 99-125; B.

Gille, *La Naissance du système bielle-manivelle*, «Techniques et civilisations», II (1952), pp. 42-46.

Nessun dato conclusivo sulla storia della manovella ci viene dalle etimologie. Le parole romanze, *manivelle*, *manovella* etc., derivano dal latino *manubriolum*, che indica ogni piccolo manico. Il termine tedesco *Kurbel* è derivato probabilmente da un ipotetico *curvulum* latino, «piccolo oggetto ricurvo», piuttosto che dal termine francese ad esso collegato, *courbe*. L'*Oxford New English Dictionary* riporta l'anglosassone *crancstæf* (nell'inglese mod. *Crank shaft*) da *Gerefa* dell'inizio dell'XI secolo, e lo fa derivare da una radice che significa «curvo» o «piegato», che sopravvive metaforicamente nel termine tedesco *krank*. (E. von Erhardt-Siebold, *The Old English loom riddles*, in *Philologia: The Malone Anniversary Studies*, ed. T. A. Kirby e H. B. Woolf, Baltimora 1949, p. 17, nota 10, descrive come il *crancstæf* funzionasse come utensile tessile per formare il passo, ed aggiunge che «il naturale momento successivo è attaccare una fune con guida alla manovella e al pedale», cfr. sotto, nota 193.) Tuttavia uno strano sviluppo semantico in spagnolo suggerisce la possibilità di un'origine diversa collegata a *crane* (gru) piuttosto che a *crone* (vecchia ricurva). Un sinonimo di *manivella de máquina* è *cigüeñol*, che J. Corominas, *Diccionario crítico etimológico de la lengua castellana*, I, Berna 1954, p. 800, fa derivare da *cigueña o cigoña* (cicogna o gru), che indica un palo che si muove su di un supporto a forcella per attingere l'acqua dai pozzi e che ha l'aspetto e funziona come una gru. Questo strumento, che è l'antico mazzacavallo è menzionato da Isidoro di Siviglia, *Etymologiarum sive originum libri XX*, ed. W. M. Lindsay, Oxford 1911, lib. XX, 15, 3, come *ciconia*, per quanto il termine latino abituale fosse *tolleno*. Può essere che anche in Inghilterra, come in Spagna (dove il termine *crane* era usato almeno verso il 1375 ad indicare una macchina per sollevare; cfr. *Oxford English Dictionary*, s. v.) la sostituzione del tradizionale mazzacavallo col palo a manovella appoggiato su due supporti a forcella non richiedesse un nuovo termine, e che per un cambiamento semantico il vecchio termine si sia poi fissato sull'elemento piú nuovo del nuovo strumento: il manico a manovella. (Forse l'assimilazione del termine *crane* con il vecchio *cranc* è stata facilitata dall'introduzione, nell'ultima fase della guerra dei Cent'anni, della ruota dentata a manovella per tendere le balestre [cfr. sotto, nota 214] chiamata *crannequin*, parola che E. Littré, *Dictionnaire de la langue française*, Paris 1883, fa derivare dal basso tedesco *Kraeneke* «gru», cosí chiamata per la sua forma.) Non posso tuttavia datare l'origine del comune argano a manovella da pozzo in maniera soddisfacente. Il *Princeton Index of Christian Art*, che è quasi completo per l'iconografia cristiana fino al 1400, non contiene siffatto strumento: tutti gli argani da pozzo con assi orizzontali sono dotati di manici ad X. Il primo strumento a manovella di questo tipo appare in una miniatura del 1425 c., nell'*Hausbuch*, della fondazione Mendel a Norimberga; cfr. *Deutsches Handwerk im Mittelalter*, Leipzig 1935, tav. 13.

171. Cfr. sopra, nota 14.

172. Sono grato alla dr. Annaliese Bulling ed al dr. Laurence Sickman di Kansas City, per le informazioni e le fotografie. Lo stile e l'aspetto sono tali che difficilmente si può dubitare dell'autenticità del pezzo. La Nelson Gallery possiede anche un modello tombale della dinastia Han di una macchina rotante con un foro per un solo manico verticale; un modello analogo si trova anche al Museum of Art di Seattle.

173. F. C. Ma, T. Takasaka, C. W. Yang, *A Preliminary Study of Farm Implements used in Taiwan Province*, Taipei 1955, p. 207; F. M. Feldhaus, *Die Maschine im Leben der Völker*, Basel 1954, fig. 28.

174. L. Makkai, *Hadik András az erdélyi mezögazdaságrol*, «Agrártörténeti szemle», I (1957), p. 42.

175. R. P. Hommel, *China at Works*, New York 1937, p. 247; cfr. p. 238.

176. «Scientific Monthly», IX (1919), pp. 571-2; L. Klebs, *Die Reliefs des Alten Reiches (2980-2475 v. Ch.)*, «Abhandlungen der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil. hist. Kl.» (1915), p. 83, fig. 66.

177. V. G. Childe, *Rotary motion*, in Singer, *History of Technology*, I (1954), p. 192, trad. it. p. 194. Le incisioni a vite nell'interno di alcuni vasi notate da F. Petrie, *Tools and Weapons*, London 1917, p. 44, possono essere state prodotte dal moto unidirezionale, ma non necessariamente continuo, di tale trapano. Petrie, tav. LXXVIII, M 3, va molto al di là dei documenti disponibili quando identifica «due perni di ferro di un girabacchino» fra alcuni utensili assiri trovati in Egitto.

178. M. A. de la Chausse, *Le gemme antiche figurate*, Roma 1700, tav. 99, riproduce un disegno di una gemma intagliata che mostra Cupido mentre appuntisce le sue frecce su una ruota munita di pedale e manovella, e montata su un carretto a mano. Da allora la gemma non è stata piú vista. De la Chausse, p. 37, nota: «È da osservarsi questa macchina per arrotare i ferri, simile a quella che si adopera oggi da' nostri rotatori», ed è stato per molto tempo considerato con sospetto; cfr. Neuburger, *op. cit.*, p. 54 fig. 65. Sia la mola rotante (cfr. sotto, nota 200) che il pedale (cfr. sopra, p. 177) sono medioevali e non antichi. A. Schroeder, *Die Entwicklung der Schleiftechnik*, Haya-Weser 1931, p. 31, fig. 8, sostiene che la prima vera mola rotante munita di pedale e manovella appare intorno al 1480, in un'incisione su rame di Israhel von Meckemen, mentre (p. 60, fig. 58) la prima mola montata su un carretto a mano si incontra in una incisione di Colonia del 1589.

179. Ad esempio A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed., Cambridge, Mass. 1954, p. 149, fig. 38; è ricostruita correttamente da A. G. Drachmann, *Heron and Ptolemaios*, «Centaurus», I (1950), p. 127, fig. 4.

180. W. Treue, *Kulturgeschichte der Schraube* (München 1955), pp. 22-28. Vitruvio, *De arch.*, X, 6; Singer, *History of Technology*, II (1956), pp. 676-7; trad. it. p. 688; F. M. Feldhaus, *Ahnen des Wasserrades*, «Die Umschau», XL (1936), p. 473 e *Die Machine im Leben der Völker*, Basel 1954, p. 138, fig. 99; C. N. Bromehead, in «Antiquity», XVI (1942), p. 196; T. A. Rickard, *The mining of the Romans in Spain*, «Journal of Roman Studies», XVIII (1928), p. 131, tav. 12; L. Jacono in «Notizie degli scavi» (1927), pp. 84-89, tav. IX; O. Davies, *Roman and medieval mining techniques*, «Bulletin of the Institute of Mining and Metallurgy», n. 348 (1933), pp. 9, 19; C. C. Edgar, *A terra cotta representation of the screw of Archimedes*, «Bulletin de la Société Archéologique d'Alexandria», nuova serie, I (1904-5), pp. 44-45, fig. 13. E. Treptow, *Der älteste Bergbau und seiner Hilfsmittel*, «Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie», VIII (1918), pp. 180-1, sostiene che nel 1906 un ingegnere minerario di nome Pütz lo informò che, nello sfruttamento di un'antica miniera presso Alcaracejos, nella provincia di Cordoba, era stata scoperta una vite di Archimede di legno, con un perno di ferro alla base ed una manovella, sempre di ferro. Treptow non vide l'oggetto, ma ritenne che fosse romano; tale oggetto non è stato sottoposto ad un controllo archeologico, né è stato pubblicato. Vi sono motivi di ritenere che gli scavi in miniera siano continuati, in Spagna, nel periodo visigoto e musulmano, come anche dopo la *Reconquista:* Isidoro di Siviglia, *Etymologiarum sive originum libri XX*, lib. XVI, cap. 22, ed. W. M. Lindsay, Oxford 1911, sembra ben al corrente dell'esistenza di miniere di piombo ai suoi giorni; e sotto i califfi il ferro veniva estratto a Castillo del Hierro, il mercurio ad Almaden, lo stagno ad Algarve, l'oro nei pressi di Cabra e l'argento nei pressi di Murcia; cfr. A. R. Lewis, *Naval Power and Trade in the Mediterranean, A. D. 500-1100*, Princeton 1951, p. 169. I saraceni lavoravano anche

le miniere di Aljustrel, in Portogallo; cfr. W. G. Nash, *The Rio Tinto Mine*, London 1904, p. 43, ed anche pp. 44-45, 87; ed è probabile che furono i portoghesi che introdussero la vite di Archimede con la manovella in Giappone intorno al 1637; cfr. Treptow, *op. cit.*, p. 181, fig. 48; C. N. Bromehead, *Ancient mining processes as illustrated by a Japanese scroll*, «Antiquity», XVI (1942), pp. 194, 196, 207. Non conosco alcuna vite di Archimede con manovella anteriore al 1405 circa; cfr. sotto, nota 215. Quella immediatamente successiva è di R. Valturio, *De re militari*, Verona 1472, c. 169 *v*.

181. W. Springer, *Historische Baggermaschinen: ein techno-historischer Beitrag*, Berlin 1938, p. 19, sostiene erroneamente che la prima catena di secchi apparve nel *Theatrum instrumentorum et machinarum* di J. Besson, Lyon 1578, tav. 39 (egli ne trascura un'altra nella tav. 44). Sebbene H. Chatley in «Engineering», CLXIII (1947), p. 196, sia probabilmente nel giusto nel sostenere, contro H. P. Vowles, *ibid.*, pp. 41-42, 244, che non si usavano catene di secchi per irrigare i giardini pensili di Babilonia nel VI secolo a. C., nel III o nel II secolo a. C. Filone di Bisanzio, ed. B. Carra de Vaux, Paris 1902, pp. 224-5, descrive un meccanismo siffatto per i pozzi. Una catena di secchi fu scoperta in un pozzo di Pompei (vale a dire anteriore al 79 a. C.); cfr. R. Pemp, *Wasserhebewerke in Pompeji*, «Technik Geschichte», XXVIII (1939), pp. 159-60. Una catena di secchi azionata da una ruota idraulica appare in un trattato del tardo Medioevo; cfr. H. Schmeller, *Beitrag zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabern*, «Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin», VI (1922), pp. 10-13.

182. G. Ucelli, *Le navi di Nemi*, 2ª ed., Roma 1950, p. 181, fig. 199; A. Uccelli, *Enciclopedia storica delle scienze e delle loro applicazioni* (Milano 1942), II, 1, p. 618, fig. 130.

183. Come distinto dalla ruota da vasaio, sulla quale cfr. Childe in Singer, *History of Technology*, I (1954), pp. 195-204, e trad. it. pp. 197-206, e distinto altresì dalla rotula per fuso; *ibid.*, p. 433, fig. 273; trad. it. p. 441.

184. G. Ucelli, *op. cit.*, p. 428, nn. 407, 408.

185. G. Ucelli, *op. cit.*, nn. 406, 410.

186. *Ibid.*, n. 409.

187. Qual è la data probabile della pompa e della «noria» a tazze di Nemi? Non sembra verosimile che sia del I secolo a. C. Le due navi erano ben costruite, con lo scafo protetto da uno strato di tessuto impregnato e da un rivestimento di lamiere di piombo. Esse erano state nell'acqua per un periodo sufficientemente lungo perché un fungo consumasse alcune travi e si rendesse necessario effettuare delle riparazioni; cfr. *ibid.*, p. 293. Man mano che le navi invecchiavano i loro custodi devono aver avuto difficoltà con l'acqua di infiltrazione, e devono aver installato un nuovo sistema per eliminare l'acqua dalla sentina. Il santuario di Diana Nemorense, con il quale sembra che le navi abbiano avuto rapporti, rimase famoso per lungo tempo. G. B. Rubin de Cervin, *Mysteries and nemesis of the Nemi ships*, «Mariner's Mirror», XLI (1955), pp. 39-41, sottolinea come si siano ricuperate con le navi monete del 164 d. C. circa. Si ritiene che esse siano affondate durante l'anarchia del III secolo.

188. L'affermazione di T. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues*, Berlin 1899, p. 2, e di Feldhaus, *Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker*, Leipzig 1914, p. 592, e di Neuburger, *op. cit.*, p. 206, che la manovella sia discussa nell'opera pseudo-aristotelica *Questioni meccaniche*, cap. 29, non è confermata da alcun passo dell'opera.

189. M. R. Cohen e J. E. Drabkin, *Source Book in Greek Science*, New York 1948, pp. 228, 230; cfr. P. Ver Eecke, *Pappus d'Alexandrie, la collection mathé-*

matique, Paris 1933, p. 841, nota 3; p. 879, nota 4. Nella sua traduzione della *Dioptra*, Leipzig 1903, pp. 312-13, H. Schöne usa *Handhabe* invece di *Kurbel*.

190. Ed. W. Schmidt, Leipzig 1899, pp. 49, 50, fig. 6b.

191. Nella prima edizione della *History of Mechanical Inventions*, New York 1929, p. 119, A. P. Usher asserisce, senza tuttavia discuterne, che «nessuna forma di moto "a manovella" appare in alcun documento», proveniente dall'antichità; tuttavia nelle illustrazioni 13, 15, e 30 mostra macchine antiche ricostruite con manovelle. Evidentemente nessun recensore ha segnalato la contraddizione, giacché essa riappare nella nuova edizione del 1954, Cambridge, Mass. p. 160, figg. 21, 23, 38.

192. Cfr. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II, Leiden 1955, p. 112; Drachmann, *Ktesibios*, pp. 41-42, 77. F. W. Galpin, *Notes on a Roman hydraulus*, «The reliquary», nuova serie, X (1904), p. 153, afferma che le illustrazioni attuali che accompagnano le descrizioni dell'organo ad acqua di Erone e di Vitruvio sono rappresentazioni fantastiche effettuate dal XIV secolo in poi.

193. Un'urna della cultura di Hallstatt proveniente dall'Ungheria mostra una biella, con una manovella a ciascuna delle estremità per facilitare la tessitura; cfr. M. Hoernes, *Urgeschichte der bildenden Kunst in Europa*, Wien 1898, tav. XXIX; Singer, *History of Technology*, I (1954), p. 443, fig. 280, trad. it. p. 451. Tale oggetto è chiaramente identico al *crancstæf* anglosassone del 1000 d. C. circa (cfr. sopra, nota 170), ma in nessuno dei due casi vi è traccia del moto rotatorio continuo.

194. Una lucida sintesi di tale sviluppo è data da J. Stork e W. D. Teague, *Flour for Man's Bread: A History of Milling*, Minneapolis 1952, pp. 71-79; cfr. anche L. A. Moritz, *Grain Mills and Flour in Classical Antiquity*, Oxford 1958, pp. 10-121.

195. Cfr. sopra, pp. 146-7.

196. R. J. Forbes, in Singer, *History of Technology*, II (1956), p. 111, trad. it. cit., p. 114, affermando che «la prima testimonianza letteraria attendibile circa l'esistenza di una mola girevole a mano nella campagna romana risale a Virgilio (70-19 a. C.)», non tiene conto del fatto che il *Moretum* (in *Appendix Vergiliana*, ed. O. Ribbeck, Leipzig 1868, p. 138, v. 126), non è stato scritto da Virgilio, che la sua datazione è incerta, e che è stato inserito per la prima volta fra le opere di Virgilio nel catalogo della biblioteca dell'abbazia di Murbach del IX-X secolo; cfr. T. Birt, *Jugendverse und Heimatpoesie Vergils*, Leipzig 1910, p. 4. F. L. Douglas, *A Study of the Moretum*, Syracuse, N. Y., 1929, pp. 78-99, tenta di dimostrare che il *De cultu hortorum* del Columella sia in parte basato sul *Moretum*, come è esplicitamente basato sulle *Georgiche* e sulle *Bucoliche*. Ma, anche se si stabilisse una qualsiasi relazione fra le due opere, cosa del resto discutibile, sarebbe egualmente possibile che l'autore del *Moretum* avesse trovato ispirazione in Columella. Se Columella, infine, sapeva che il *Moretum* era di Virgilio, è strano che Servio non ne avesse notizia.

197. «Notizie degli scavi» (1894), p. 358.

198. F. Hörter, F. X. Michels, e J. Röder, *Die Geschichte der Basaltlavaindustrie von Mayen und Niedermendig, I: Vor- und Frühgeschichte*, «Jahrbuch für Geschichte und Kultur des Mittelrheins», II-III (1950-1), p. 9; tav. 2, fig. 4; tav. 6b. Gli autori associano questo tipo di macina con l'intero periodo La Tène. P. Orsi, *Gli scavi intorno all'Athenaion di Siracusa*, «Monumenti antichi», XXV (1918), pp. 567-8, fig. 159, sostiene di aver trovato un esempio di questo tipo in una stratificazione tra il Siculo III ed il Greco arcaico. V. G. Childe, *Rotary querns on the Continent and in the Mediterranean basin*, «Antiquity», XVII (1943), pp. 22-23, suppone erroneamente l'esistenza di un solco per impugnatura verticale in tale macina, che «verrebbe quindi classificata in Inghilterra al piú presto come romano-britannica»; Moritz, *op. cit.*, p. 55, è scettico sulla sua stratificazione. S. P. O'Riordain, *Excavations at Cush, Co. Limerick*, «Proceedings of the Royal Irish Aca-

demy», XLV, Sez. C (1940), tav. XXXVI, fig. 389, sembra mostrare fori per impugnature a laccio, in Irlanda, non piú tardi del 100 d. C.; cfr. pp. 177-80.

199. E. C. Curwen, *More about querns*, «Antiquity», XV (1941), p. 30. Questo spiega senza dubbio la *Canzone della macina*, un canto norvegese del X secolo, che parla di un re che teneva due vergini giganti in prigionia, al lavoro intorno ad una macina che produceva polvere d'oro; cfr. A. Olrik, *The Heroic Legends of Denmark*, New York 1919, pp. 449-60.

200. Sulla base di ritrovamenti presso Numanzia ed in Aragona, Childe, *op. cit.*, pp. 19-21, conclude che «è esistito in Spagna, intorno al II secolo a. C., un gruppo di macine, del tutto distinte da quelle celtiche ed ellenistiche di forma conica, piú basse e dotate di manici verticali». Ma A. Schulten, *Numantia*, IV, München 1929, p. 227, tav. 50, mostra i frammenti «meglio conservati» di macine trovate nel campo romano. Di queste solo una ha il foro nella parte superiore della pietra, e, dal momento che non ci rimane che un quarto della pietra, essa può ben aver avuto un secondo foro nel lato opposto. *Ibid.*, III (1927), tav. 29. 3, mostra uno schizzo a penna di una ricostruzione confusa di una macina con un foro verticale, ma che presenta anche un foro orizzontale. Nessuna conclusione si può ovviamente trarre sulla base di questo materiale. Per quanto riguarda l'altra fonte di Curwen, R. Bosch Gimpera, *Les Investigacions de la cultura ibérica al Baix Aragó*, «Institut d'Estudis Catalans, Secció historico-arqueológica: Anuari», VI (1915-20), p. 653, fig. 490, fornisce la sezione base per la figura 1 del Curwen; tuttavia, nella fig. 492, Bosch Gimpera ricostruisce le parti perdute di legno della macina non con manici verticali, ma con una barra orizzontale attaccata per mezzo di pioli inseriti in fessure ai lati opposti della pietra. È dunque improbabile che in Spagna, intorno al II secolo a. C., si usassero macine con manici verticali.

201. L. Jacobi, *Das Römerkastell Saalburg*, Hamburg v. d. H., 1897, tav. XXVII. Moritz, *op. cit.*, pp. 126-30, rifiuta correttamente alcune ricostruzioni di macine di Saalburg che comportano manovelle come «del tutto congetturali», e basate sull'analogia con macine medioevali.

202. P. Thomsen, *Mühle*, in M. Ebert, *Reallexikon der Vorgeschichte*, VIII (1927), p. 325. Tali macine erano conosciute in Cina al piú tardi verso la fine del II secolo, cfr. sopra, nota 172. H. D. Sankalia, *Rotary querns from India*, «Antiquity», XXXIII (1959), pp. 128-30, parla di solchi trasversali per manici che risalgono a non piú tardi del II-I secolo a. C. Non so quando il manico verticale abbia raggiunto l'India.

203. E. C. Curwen, *Querns*, «Antiquity», XI (1937), p. 146. R. E. M. Wheeler, *Maiden Castle, Dorset*, «Reports of the Society of Antiquaries of London», XII (1943), p. 322, data al 25-50 d. C. una macina con «il solco originariamente sul lato, consumato dalla continua macinazione, e sostituito con un foro nella parte superiore». Tuttavia l'illustrazione 116, n. 23 che riproduce la macina in questione mostra come ne sia rimasto solo un terzo; essa potrebbe quindi aver avuto una presa orizzontale fissata a due scanalature, ai lati opposti della circonferenza. W. E. Griffiths, *Decorated rotary querns from Wales and Ireland*, «Ulster Journal of Archaeology», XIV (1951), pp. 49-61, data queste macine piuttosto vagamente al 200-600 d. C.

204. Vi ho accennato per la prima volta in *Technology and invention in the Middle Ages*, «Speculum», XV (1940), p. 153; cfr. *The Utrecht Psalter*, ed. E. DeWald, Princeton 1932, tav. 58; R. J. Forbes, *Man the Maker*, New York 1950, p. 113, tav. 2. Per quanto il miniaturista basasse il suo lavoro, sia direttamente che indirettamente, su un salterio oggi scomparso forse dell'inizio del V secolo, non dobbiamo attribuire questo dettaglio al suo prototipo; cfr. D. Panofsky, *The textual basis of the Utrecht Psalter illustrations*, «Art Bulletin», XXV (1943), pp. 50-58; E. A. Lowe, *The uncial Gospel leaves attached to the Utrecht Psalter*, *ibid.*, XXXIV

(1952), pp. 237-8; F. Wormald, *The Utrecht Psalter*, Utrecht 1953, p. 8. Per una mola rotante della metà del XII secolo ispirata direttamente a quella del Salterio di Utrecht, vedi M. R. James, *Canterbury Psalter*, London 1935, c. 108*v*. L. F. Salzman, *Building in England down to 1540*, Oxford 1952, p. 337, trova mole rotanti nel 1253, 1278, 1324 e nel 1339.

205. Wheeler, *op. cit.*, p. 321, riporta tre mole (presumibilmente non mole per affilare a umido) ritrovate a Maiden Castle, ma non tenta di datarle esattamente. La maggior parte dei ritrovamenti del luogo non sono posteriori al I secolo d. C., ma vi è materiale del IV secolo, ed una tomba sassone del 600 circa. Considerata la probabile sopravvivenza delle mole, si rimane sconcertati dal silenzio degli archeologi, una volta ammessa la loro esistenza in epoca romana e nell'alto Medioevo.

206. Il moto rotatorio continuo non è necessario nelle operazioni di formazione del passo del *crancstæf* anglosassone; cfr. sopra, nota 193.

207. *Quomodo organistrum construatur*, in M. Gerbert, *Scriptores ecclesiastici de musica*, San Blas 1784, I, p. 303; cfr. G. Reese, *Music in the Middle Ages*, New York, 1940, p. 258; C. Sachs, *History of Musical Instruments*, New York 1940, p. 271.

208. E. Millar, *English Illuminated Manuscripts from the Tenth to the Thirteenth Century*, Paris 1926, tav. 60 (*a*) proveniente da Glasgow, Hunterian Ms, 229; E. E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné du mobilier*, II, Paris 1871, p. 248, da un capitello di Bascherville.

209. M. R. James, *Descriptive Catalogue of the Latin Manuscripts in the John Rylands Library*, Manchester 1921, tav. 110.

210. Herrade de Landsberg, *Hortus deliciarum*, Strassburg 1901, tav. XI *bis*. Questo manoscritto, generalmente attribuito alla fine del XII secolo, deve essere datato al 1205 circa; cfr. F. Zschokke, *Die romanischen Glasgemälde des Strassburger Münster*, Basel 1942, pp. 59-60; O. Demus, *Mosaics of Norman Sicily*, London 1949, pp. 446-448, 455. Per altri *organistra* cfr. E. Millar, op. cit., tav. 80 (*b*), per un esempio del 1250 circa, ed il suo *Library of A. Chester Beatty, the Western Manuscripts*, Oxford 1927, I, tav. XCI(*a*), per uno del 1240 circa. Geoffrey Ashburner mi ha gentilmente inviato la fotografia di un esempio che si incontra nel Salterio di Robert de Lindseye, c. 38 *v*, un manoscritto inglese del 1220-2, ora nella biblioteca della Society of Antiquaries di Londra. Il fatto che questi quattro *organistra*, eccetto il primo, siano inglesi, e che gli esempi inglesi vanno dalla prima metà del secolo, può significare che intorno al 1200 l'*organistrum* stava passando di moda nell'Europa continentale, ma continuò a lungo ad essere popolare al di là della Manica.

211. Herrade de Landsberg, *op. cit.*, tav. LV (2); A. Doren, *Fortuna im Mittelalter und in der Renaissance, Bibliothek Warburg Vorträge*, 1922-23, I (1924), fig. 7.

212. Ad esempio da Viollet-le-Duc, *op. cit.*, V (1874), p. 26; R. Payne-Gallwey, *The Crossbow*, London 1903, ristampato nel 1958, p. 71; H. S. Cowper, *Art of Attack*, Ulverston 1906, p. 261, fig. 351; A. Uccelli, *Storia della Tecnica*, Milano 1945, p. 210, fig. 102. Secondo F. Deters, *Die englischen Angriffswaffen zur Zeit der Einführung der Feuerwaffen (1300-1350)*, Heidelberg 1913, p. 119, un «arwelast off vys» fu usato nella prima metà del secolo. Tuttavia R. Valturio, *De re militari*, Verona 1472, c. 161*v*, mostra una balestra la cui corda viene tesa da una vite non a manovella ma azionata da una manopola ad X.

213. P. Mus, *Les Balistes du Bayon*, «Bulletin de l'École Française d'Extrême-Orient», XXIX (1929, p. 333, tav. XLVII - A. Mus, p. 335, sottolinea che niente di questo genere si trova ad Ankor Wat, il che indica una rivoluzione nell'armamento khmer fra il XII ed il XIII secolo. H. G. Q. Wales, *Ancient Southeast Asian War-*

fare, London 1952, p. 102, la ricollega ad un ufficiale dell'esercito cinese naufragato in Cambogia nel 1172, che consigliò il re nell'attuazione di riforme militari.

214. Biblioteca dell'Università di Göttingen, Cod. phil. 63, cc 74*r*, 76*r* e *v*, 77*r*; fotografie in mio possesso; cfr. Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 21.

215. Carta 56*v*, catena di secchi; 63*r*, vite di Archimede; 64*r*, mola; 133*r*, ruota di campane.

216. A. Stange, *Deutsche Malerei der Gothik*, II, Berlin 1936, p. 170, tav. 218; O. Fischer, *Geschichte der deutschen Malerei*, 2ª ed., München 1943, p. 108, data l'illustrazione al 1410 circa. C. H. Livingston, *Skein-winding Reels: Studies in Word History and Etymology*, Ann Arbor 1957, p. 12, fig. 4, non ne conosce esempi con manovella prima della fine del secolo. Intorno al 1462 aspi a manovella si incontrano in Cina; cfr. O. Franke, *Kêng tschi t'u: Ackerbau und Seidengewinnung in China*, Hamburg 1913, tavv. LXXXIII-LXXXIV, XCIII, XCVI; per la datazione cfr. sotto, nota 236.

217. E. Wiedemann e F. Hauser, *Über Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt*, «Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie», VIII (1918), p. 144, figg. 20-21. Tuttavia il fatto che al-Jazarī non abbia afferrato interamente il significato della manovella per collegare il moto alternativo con il moto rotatorio è dimostrato dalla sua pompa straordinariamente complessa (*ibid.*, pp. 145-6, figg. 22-24; A. K. Coomaraswamy, *The treatise of al-Jazarī on Automata*, Boston 1924, p. 17, tav. VII), azionata da una ruota dentata montata eccentricamente sul suo albero. L'albero gira in un manicotto da una parte, ma dall'altra estremità in un anello aperto, e dal momento che esso non passa attraverso il centro della ruota dentata, compie un'orbita conica al girare della ruota. Questo movimento dell'albero è trasformato in movimento alternativo per mezzo di una biella verticale, imperniata in basso, ma con una fenditura alla sommità, che stringe l'albero e oscilla avanti e indietro con esso. Per mezzo di collegamenti laterali questa biella oscillante aziona le pompe. Dopo al-Jazarī non ho trovato manovelle islamiche fino ad un disegno di un manoscritto risalente all'inizio del XV secolo contenente la traduzione araba, della fine del IX secolo, della *Meccanica* di Erone, cfr. B. Carra de Vaux, *Les Mécaniques ou l'Élévateur de Héron d'Alexandrie sur la version arabe de Qostā ibn Lūqā*, «Journal asiatique», nona serie, II (1893), p. 462, fig. 40; ibid., I (1893), p. 461, fig. 1, mostra un semplice manubrio che Carra de Vaux erroneamente chiama una manovella.

C. Daremberg e E. Saglio, *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*, I, Paris 1887, p. 1110, fig. 1405, mostrano un trapano a manovella singola per trapanazioni chirurgiche «des manuscrits d'Albucasis», il grande chirurgo ispano-musulmano che morí nel 1013 d. C. circa. Questo strumento non si trova nella tradizione straordinariamente uniforme delle illustrazioni pubblicate dalle opere di Abū'l-Qāsim, rappresentate da *Albucasis chirurgicorum... libri tres*, Strassburg 1532; H. von Gesdorff, *Feldtbüch der Wund Artzney sampt vilen Instrumenten der Chirurgen uss den Albucasi contrafayt*, Strassburg 1540; Albūcasis, *Methodus medendi*, Basel 1641; J. Channing, trad., *Albucasis de chirurgia arabice et latine*, Oxford 1778; L. Leclerc, trad. *La Chirurgie d'Abulcasis*, Paris 1861; E. Gurlt, *Geschichte der Chirurgie*, Berlin 1898, I, tavv. IV, V; o K. Sudhoff, *Die Instrumenten-Abbildungen der lateinischen Abulquasim-Handschriften des Mittelalters*, «Studien zur Geschichte der Medizin», XI (1918), pp. 16-86.

Per un breve e generale esame della progettazione di macchine nell'Islam, cfr. H. J. J. Webster, *Muslim mechanics and mechanical appliances*, «Endeavour», XV (1956), pp. 25-28. Non c'è uno studio analitico sullo sviluppo della meccanica applicata nel mondo saraceno, ma nuovi principi, ed usi piú complessi di vecchi principi, si possono osservare nei trattati piú tardi. Le migliori introduzioni sono E. Wiedemann, *Zur Mechanik und Technik bei der Arabern*, «Sitzungsberichte der

Physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen», XXXVIII (1906), pp. 1-56, 307-57, e H. Schmeller, *Beiträge zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabern*, «Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin», VI (1922) pp. 1-47. Il trattato del Banū Mūsā (850 d. C. circa) *Kitab al ḥiyal*, ed. M. Curtze in «Nova acta Academiae Germanicae Naturae Curiosorum», XLIX (1885), pp. 105-67 (cfr. F. Hauser in «Abh. z. Gesch. d. Naturwiss.», I [1922], pp. 1-188) e di al-Khāzinī (1121 d. C. circa), *Book of the Balance of Wisdom*, trad. N. Khanikoff, in «Journal of the American Oriental Society», VI (1860), pp. 1-128, sembrano ambedue meccanicamente meno complessi di quelli del periodo ellenistico. Il trattato di al-Jazarī sugli automi (1206 d. C.) è considerevolmente piú avanzato, ma non è stato edito con cura; cfr. B. Carra de Vaux, *Note sur les mécaniques de Bédi ez-Zamān el Djazarī, et sur un appareil hydraulique attribué à Apollonius de Perge*, in «Annales internationales d'histoire, Congrès de Paris, 1900: 5e section, Histoire des sciences», Paris 1901, pp. 112-20; A. K. Coomaraswamy, *The Treatise of al-Jazarī*, Boston 1924; R. M. Riefstahl, *The date and provenance of the automata miniatures*, «Art Bulletin», XI (1929), pp. 206-15; M. Aga Oglu, *On a manuscript of al-Jazarī*, «Parnassus», III, 7 (1931) pp. 27-28; P. Wittek, *Datum und Herkunft der Automaten-Miniaturen*, «Der Islam», XIX (1931), pp. 177-78; L. Mayer, *Zum Titelblatt der Automata-Miniaturen*, «Orientalistische Literaturzeitung», III (1932), pp. 165-6; I. Stchoukine, *Un manuscrit du traité d'al-Jazarī sur les automates*, «Gazette des beaux-arts», XI (1934), pp. 134-40; H. W. Glidden, *A note on the automata of al-Djazarī*, «Ars islamica», III (1936), pp. 115-6; E. Schroeder, *Persian Miniatures in the Fogg Museum of Art*, Cambridge, Mass. 1942, pp. 21-27.

Per alcuni aspetti della tecnologia islamica, cfr. B. Carra de Vaux, *Notice sur deux manuscrits arabes*, «Journal asiatique», 8a serie, XVII (1891), pp. 287-322; *Notice sur un manuscrit arabe traitant de machines attribuées à Héron, Philon et Archimède*, «Bibliotheca mathematica», 3a serie, I (1900), pp. 28-38; *Le livre des appareils pneumatiques et des machines hydrauliques par Philon de Byzance édité d'après les versions arabes*, «Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Nationale», XXXVIII (1903), pp. 27-235; *Les Penseurs d'Islam*, Paris 1921, II, pp. 168-94. E. Wiedemann dedicò tutta la sua vita a questo argomento, i suoi contributi sono elencati da J. D. Pearson, *Index islamicus, 1906-1955*, Cambridge 1958, *sub nom.*

218. E. Millar, *Luttrell Psalter*, London 1932, tav. 25*b*. Il mulino a mano con ingranaggi, dotato di una o due manovelle, non appare prima del XV secolo; cfr. A. T. Nolthenius, *Les Moulins à main au moyen âge*, «Techniques et civilisations», IV (1955), pp. 149-52.

219. Bibliothèque Nationale, Ms. fonds latin 11015, cc. 10*v*, 14*v*; cfr. Singer, *History of Technology*, II (1956), figg. 594, 659. A. R. Hall, *The Military inventions of Guido da Vigevano, Actes du VIIe Congrès International d'Histoire des Sciences*, Firenze 1958, p. 966, indica un secondo manoscritto dell'opera, con illustrazioni di manovelle composte, copiato nel 1375, a Cipro, da un certo Martino di Aquisgrana, per altri versi sconosciuto. Hall, p. 969, asserisce correttamente che l'opera di Guido non fu interamente dimenticata: essa influenzò Valturio intorno al 1463; cfr. sotto, nota 234.

220. Cfr. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, III, New York 1934, pp. 26-27; E. Wickersheimer, *Dictionnaire biographique des médecins en France au moyen âge*, Paris 1936, pp. 216-17; G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, III, Baltimore 1947, 846-7.

221. A. R. Hall, *Military technology* in Singer, *op. cit.*, II, pp. 725-6; trad. it. p. 739.

222. Il termine francese *vilebrequin* «girabacchino» è di origine fiamminga,

dalla quale deriva il catalano *filabarquí* o *belebarquí*, lo spagnolo *berebiquí* ed il portoghese *berebequim*; cfr. A. Thomas, *Essais de philologie française*, Paris 1897, pp. 399-400. H. Gade, *Ursprung und Bedeutung der üblicheren Handwerkzeugnamen im Französischen*, Kiel 1898, p. 61, data l'apparizione della parola fiamminga *wimbrequin* al 1432.

223. B. Martens, *Meister Francke*, Hamburg 1929, p. 111, tav. XXVIII; Singer, *op. cit.*, fig. 595.

224. E. Panofsky, *Early Netherlandish Painting*, Cambridge, Mass. 1953, II, fig. 204, I, p. 167; Singer, *op. cit.*, tav. 12; cfr. M. Schapiro, «*Muscipula diaboli*»: *the symbolism of the Mérode altarpiece*, «Art Bulletin», XXVII (1945), p. 184 e fig. 1.

225. L. F. Salzman, *Building in England down to 1540*, Oxford 1952, tav. 13; Singer, *op. cit.*, tav. 30*a*. Secondo il *Catalogue of Additional Manuscripts* del British Museum, lo Add. Ms. 18 850 fu eseguito per John, duca di Bedford, e reggente di Francia, e per la moglie Anna, figlia di Giovanni, duca di Borgogna, quando si sposarono nel 1430. Esso fu quindi donato ad Enrico VI di Inghilterra da Anna, la vigilia di Natale del 1430.

Il quarto girabacchino conosciuto è di una miniatura francese del 1460 circa; cfr. J. van den Gheyn, *Cronicques et conquestes de Charlemaine, reproduction des 105 miniatures de Jean de Tavernier d'Audenarde (1460)*, Bruxelles 1909, tav. 95; Salzman, *op. cit.*, p. 336, tav. 19. Il quinto è in una stampa fiamminga della bottega di falegname di san Giuseppe, effettuata nel 1480-1500; cfr. *Einblattdrucke des fünfzehnten Jahrhunderts*, ed. P. Heitz, XIV: *Formschnitte des fünfzehnten Jahrhunderts aus der Sammlung Schreiber*, Strassburg 1908, n. 4, e pp. 7-8; cfr. W. L. Schreiber, *Manuel de l'amateur de la gravure sur bois et sur métal au XVe siècle*, I, Berlin 1891, p. 180, n. 638. F. Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, Leipzig 1914, p. 114, fig. 79, descrive questo girabacchino fuori del suo contesto, e senza un'adeguata documentazione.

226. Monaco di Baviera, Bayerische Staatsbibliothek, Cod. icon. 242, c. 40*v*; per la data cfr. sopra, nota 131.

227. Monaco di Baviera, Bayerische Staatsbibliothek, Cod. lat. 197, cc. 18*r*, 42*r*; cfr. B. Gille, *La Naissance du système bielle-manivelle*, «Techniques et civilisations», II (1952), fig. 2, ed il suo *Le Manuscrit dit de la Guerre Hussite*, *ibid.*, V (1956), pp. 79-86; Singer, *History of Technology*, II (1956), fig. 596; F. M. Feldhaus, *Geschichte der Kugel-, Walzen- und Rollenlager*, Schweinfurt a. M. 1914, p. 11, fig. 3.

228. Cod. lat. 197, c. 21 *r* e *v*; Gille, *Bielle-manivelle*, fig. 3; Singer, *op. cit.*, fig. 597. Una possibile origine della biella è suggerita da P. Tohell, *Team work on a rotary quern*, «Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland», LXXXI (1951), pp. 70-71, che descrive una grande macina girevole in funzione verso il 1900 nella contea di Sligo: ad un manico verticale erano legate quattro funi, ciascuna delle quali veniva tirata, alternativamente, da quattro uomini posti intorno ad un cerchio.

229. Cod. cit.: il *Bellifortis* di Kyeser (cfr. sopra, nota 214), del 1405 circa, mostra un trabucco gigantesco con qualche cosa che sembra piú delle ruote calcatorie che non dei volani, nell'apparato per abbassare il braccio di lancio; cfr. «Zeitschrift für historische Waffenkunde», V (1909-11), p. 385, fig. 41.

230. Monaco di Baviera, Bayerische Staatsbibliothek, Cod. lat. 197, c. 82 *v*; sulla data cfr. P. Fontana, *I codici di Giorgio Martini e di Mariano di Jacomo detto il Taccola*, in «Actes du Congrès d'Histoire de l'Art», I (1936), pp. 102-3; M. Salmi, *Disegni di Francesco di Giorgio nella Collezione Chigi Saracini*, Siena 1947, p. 11, nota 1; L. Thorndike, *Marianus Jacobus Taccola*, «Archives internationales d'histoire des sciences», VIII (1955), p. 20

231. B. Degenhart, *Antonio Pisanello*, 3ª ed., Wien 1942, fig. 147, dal disegno del Louvre n. 2286.

232. MS. lat. 197, c. 17*v*; cfr. A. Uccelli, *Storia della tecnica*, Milano 1945, p. 535, fig. 52; G. Canestrini, *Arte militare meccanica medievale*, Milano s. d., tav. CXXVIII. Leonardo schizzò un carro militare destinato ad essere mosso da coppie di ruote collegate da assi dotati di manovelle composte; ma, a dimostrazione che anche Leonardo poteva sbagliarsi, B. Dibner, *Leonardo da Vinci, military engineer*, in *Studies and Essays in the History of Science and Learning offered to G. Sarton*, ed. M. F. A. Montague, New York 1946, p. 96, nota 7, fig. 6, mostra come gli ingranaggi siano sistemati in maniera tale che le ruote davanti e quelle dietro ruoterebbero in senso inverso.

233. Cfr. sopra, nota 219.

234. Bibliothèque Nationale, Ms. 7236, c. 170*r*, cfr. Thorndike, *Marianus*, p. 23. Il *De re militari* del Valturio che raffigura questa barca a c. 215*r*, fu pubblicato a Verona nel 1472. Per un esempio italiano di poco posteriore cfr. Uccelli, *op. cit.*, p. 536, fig. 55; Canestrini, *op. cit.*, tav. CXXXII.

235. Biblioteca Nazionale, Firenze, Ms. II. I. 141, c. 198*v*; Library of Congress, microfilm MLA 588 f. Per la data, cfr. A. S. Weller, *Francesco di Giorgio*, Chicago 1943, p. 268. La stessa soluzione appare poco dopo in un disegno di Leonardo da Vinci di una pompa centrifuga per sollevare l'acqua, Ms. F, c. 13*r*; cfr. F. M. Feldhaus, *Leonardo als Techniker und Erfinder*, Jena 1913, p. 47.

236. O. Franke, *Kêngtschi t'u: Ackerbau und Seidengewinnung in China*, Hamburg 1913, tavv. L, LI, e figg. 35-38. Franke, p. 78, forza i documenti affermando che la ristampa giapponese del 1676 (che comporta nuovi clichés) della edizione cinese del 1462 riproduce le illustrazioni dell'edizione del 1237: in primo luogo l'edizione del 1462 rese necessaria una rielaborazione delle illustrazioni precedenti (cfr. pp. 73-74, 76-77); in secondo luogo l'edizione giapponese contiene (cfr. tav. XCV), un aspo per l'avvolgimento della matassa che non si trova nell'edizione cinese del 1696, e che quindi deve essere un'aggiunta giapponese.

237. L. Mumford, *Technics and civilization*, New York 1934, p. 80; trad. it. Milano, Il Saggiatore, 1961, p. 98.

238. B. Gille, *Machines*, in Singer, *op. cit.*, II (1956), p. 654, trad. it. p. 664, sostiene che la combinazione biella e manovella è stata adottata solo molto lentamente: «la manovella e la biella raramente vennero combinate insieme perfino nel diciassettesimo e nel diciottesimo secolo»; cfr. anche il suo *Bielle-manivelle*, p. 46. Il suo giudizio può essere stato influenzato da un fatto davvero assurdo, che corona la storia della manovella, avvenuto nell'agosto del 1780, quando James Pickard di Birmingham riuscí a brevettare la manovella e la biella che aveva applicato alla macchina a vapore, rendendo cosí possibile utilizzare l'energia del vapore per il moto rotatorio e per i trasporti; cfr. F. W. Brewer, *Notes on the history of the engine crank and its application to locomotives*, «Locomotive, Railway Carriage and Wagon Review, XXXVIII (1932), pp. 373-5. (R. Jenkins, *Collected Papers*, Cambridge 1936, pp. 98-106, attribuisce erroneamente il brevetto a Matthew Wasbrough.) Gille considera Leonardo un precorritore per il suo interesse per la combinazione della manovella e della biella: essa era tuttavia comune ai suoi tempi: oltre agli otto esempi europei già citati, vedi il rilievo di Francesco di Giorgio di una sega idraulica (1474) ad Urbino (F. M. Feldhaus, *Die Maschine im Leben der Völker*, Basel 1954, fig. 167), i suoi disegni per un progetto analogo (A. Uccelli, *Storia della tecnica*, fig. 200), ed il suo manoscritto del 1482-1501 (cfr. sopra, nota 234), c. 96*r* (tav. 8), e, a nord delle Alpi, intorno al 1480, il *Mittelalterliches Hausbuch*, ed. H. T. Bossert e W. F. Storck, Leipzig 1912, tav. 32. Un esame completo della letteratura tecnologica del XVI e XVII secolo consentirebbe di scoprire molti altri esempi di manovelle con bielle; i seguenti esempi

saranno tuttavia sufficienti a provare che la tesi del Gille è priva di fondamento: un disegno di Giulio Campagnola, datato a prima del 1514, in Singer, *op. cit.*, II (1956), tav. 8; V. Biringuccio, *Pirotechnia*, Venezia 1540 (trad. ingl. di C. S. Smith e M. T. Gnudi, New York 1942), frontespizio, cc. 140*v*, 142*r*; G. Agricola, *De re metallica* del 1556, trad. H. C. e L. H. Hoover, New York 1950, pp. 180, 185, 187, 189, 305; C. Piccolpasso, *Li tre libri dell'arte del vasaio*, scritto nel 1556-9, ed B. Rockham e A. Van de Put (London 1934), tavv. 39, 40, 42; J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinarum*, Lyon 1578, tav. 13; A. Ramelli, *Le Diverse et Artificiose Machine*, Paris 1588, diciotto esempi; M. F. Pisek, *Un manuscrit en langue tchèque provenant de la seconde moitié du XVIe siècle sur l'art de la fonderie*, «Techniques et Civilisations», II (1951), pp. 16-17, figg. 13-14; V. Zonca, *Novo teatro di machine*, Padova 1607, pp. 103, 107, 110; Biblioteca Vaticana, Barbarini lat. 4353, taccuino di un ingegnere anonimo della fine del XVI o dell'inizio del XVII secolo, che ho consultato nella Vatican Film Library, St. Louis, cc. 46*r*, 52*r*, 61*r*, 62*r*, 64*r*; B. Lorini, *Delle fortificationi*, 4^a ed., Venezia 1609, pp. 231, 239, 241; H. Zeising, *Theatrum machinarum*, Leipzig 1612-14, dieci esempi; F. Veranzio, *Machinae novae*, Venezia 1615-16, tav. 22; G. Branca, *Le Machine*, Roma 1629, figg. 1, 27, 33, 43, 51, 52, 53, 67; J. Wilkins, *Mathematicall Magick*, London 1648, p. 42; E. E. Löhneijss, *Bericht vom Bergwerk*, Hamburg 1660, tavv. 10, 12; G. A. Böckler, *Theatrum machinarum novum*, Nürnberg 1661, ne ha quarantacinque esempi su 154 tavole.

239. H. T. Horwitz, *Über die Entwicklung der Fähigkeit zum Antreib des Kurbel-mechanismus*, «Geschichtsblätter für Technik und Industrie», XI (1927), pp. 30-31.

240. Madrid, Biblioteca Nacional, Codex Hh 58, *Beatus in Apocalipsin*, c. 130*r*, dell'inizio del X secolo, mostra quattro archetti musicali di forma molto primitiva; fotografie nel *Princeton Index of Christian Art*; cfr. L. Bréhier, *La Sculpture et les arts mineurs byzantines*, Paris 1936, tav. 36, n. 2; per un cofanetto d'avorio del X secolo.

241. Theophilus, *Diversarum artium schedula*, ed. W. Theobald, Berlin 1933, pp. 14, 174; cfr. p. 191. Sulla data cfr. B. Bischoff, *Die Überlieferung des Theophilus-Rugerus nach den ältesten Handschriften*, «Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst», III-IV (1952-3), pp. 145-9; E. W. Bulatkin, *The Spanish word «matiz»: its origin and semantic evolution in the technical vocabulary of medieval painters*, «Traditio», X (1954), p. 487.

242. G. Buridano, *Quaestiones super Libris quatuor de caelo et mundo*, ed. E. A. Moody, Cambridge, Mass. 1942, pp. 180, 242-3; A. Maier, *Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie*, Roma 1951, p. 208, v. 40; p. 209, vv. 72-76; cfr. sotto, nota 308.

243. Cfr. sopra, nota 229.

244. G. Ceredi, *Tre discorsi sopra il modo d'alzar acque da' luoghi bassi*, Parma 1567, pp. 54-68.

245. Cfr. sopra, pp. 151, 156-157.

246. Cfr. L. White, jr., *Tibet, India and Malaya as sources of Western mediaeval technology*, «American Historical Review», LXV (1960), pp. 515-26.

247. Cfr. sopra, p. 151. La frequente affermazione che le monete dei re dei Kūshān, specialmente di Huvishka (130-160 d.C. circa), mostrino ruote delle preghiere azionate a mano è priva di fondamento. Il dr. John Rosenfield, della Harvard University, mi ha assicurato, sulla base di uno studio dello sviluppo della iconografia regia dei Kūshān, che l'oggetto interpretato come ruota delle preghiere è un piccolo bastone, un emblema del potere.

248. *Mittelalterliches Hausbuch*, *ed. cit.*, tav. 47; Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 481.

249. Firenze, Biblioteca Nazionale, Ms. II. I. 141, c. 96*r*; cfr. sopra, nota 235.
250. Feldhaus, *op. cit.*, fig. 100.
251. Cfr. Ms. B, c. 54*r*, ed. C. Ravaisson-Mollien (Paris 1883), per un pendolo azionante una pompa alternativa. Per quanto F. M. Feldhaus, *Das Pendel bei Leonardo da Vinci*, «Deutsche Uhrmacher-Zeitung», XXXIV (1910), pp. 23-24, sia probabilmente nel giusto nell'identificare nel disegno di Leonardo del *Codice atlantico*, c. 257*r* a (1497-1500 circa; cfr. Pedretti, *op. cit.*, p. 277) uno scappamento a pendolo per orologio, l'idea non ha avuto applicazioni nell'orologeria fino al 1650 circa; cfr. anche il suo *Das Pendel im Maschinenbau vor Erfindung der Pendeluhr*, ibid., XXXII (1908), p. 160. S. A. Bedini, *Johann Philipp Treffler, Clockmaker of Augsburg*, Ridgefield, Conn. 1957, pp. 5-12, dimostra come il Treffler abbia anticipato l'Huygens nell'invenzione dell'orologio a pendolo. Un importante precursore dell'orologio a pendolo si trova nello scappamento a battito incrociato di Justus Bürgi, morto a Kassel nel 1632; cfr. Tycho Brahe, *Opera omnia*, ed. J. L. E. Dreyer, VI, Köbenhavn 1919, p. 347; Singer, *History of Technology*, III (1957), p. 660, fig. 400, e trad. it., p. 669.
252. J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinarum*, Lyon 1569. Non ho consultato questa edizione, che contiene 49 tavole, ma quella di Lione 1578, con 60 tavole; cfr. le tavole 10, 11, 14, 44, 47, 48. Un ventilatore regolato a pendolo, che riflette forse un'influenza indiana, si trova in G. A. Böckler, *Theatrum machinarum novum*, Nürnberg 1661, tav. 83.
253. Cfr. sopra, nota 178, e F. M. Feldhaus, *Die Geschichte der Schleifmittel*, Hannover 1919, pp. 12-13.
254. E. Chavannes, *Mission archéologique dans la Chine septentrionale*, Paris 1909, tav. 75, mostra un telaio con due pedali ben chiari; per la data, cfr. W. Fairbank, *The offering shrines of «Wu Liangtz'u»*, «Harvard Journal of Asiatic Studies», VI (1941), p. 1. H. E. Winlock, *The Monastery of Epiphanius at Thebes*, New York 1926, I, pp. 69-71, sostiene che in questa località del VII secolo vicino Tebe vi sono tracce di telai a pedali, ma l'interpretazione dei documenti non è convincente; cfr. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, IV, Leiden 1956, p. 215. E. von Erhardt-Siebold, *The Old English loom riddles*, in *Philologica: the Malone Anniversary Studies*, ed. T. A. Kirby e H. B. Woolf, Baltimore 1949, p. 12, nega che vi siano documenti sull'uso di pedali, nel mondo greco o romano, per controllare i licci del telaio. Il telaio verticale «classico» con quattro pedali, progettato per tessere abiti senza cuciture, riprodotto da H. L. Roth, *Studies in Primitive Looms*, Halifax 1934, p. 122, fig. 192, da una fonte del XVII secolo, non è basato su alcun documento classico.
255. U. T. Holmes, jr., *Daily Living in the Twelfth Century, Based on Observations of Alexander Neckam in London and Paris*, Madison 1952, pp. 146-7.
256. G. Sage, *Die Gewebe aus dem alten Oppeln*, «Altschlesien», VI (1936), pp. 322-32.
257. Singer, *History of Technology*, II (1956), fig. 181; M. R. James, *Catalogue of the Western Manuscripts of Trinity College, Cambridge*, Cambridge 1902, n. 1446, III, p. 489; sulla data e l'origine cfr. p. 482.
258. Cfr. G. Durand, *Monographie de l'église Notre-Dame, cathédrale d'Amiens*, Paris 1901-3, II, pp. 561-2, fig. 256; Y. Delaporte, *Les Vitraux de la cathédrale de Chartres*, Chartres 1926, II, tav. CXI; P. Clemen, *Die romanische Monumentalmalerei in den Rheinlanden*, Düsseldorf 1916, tav. XXXI e fig. 347; A. de Laborde, *La Bible moralisée*, Paris 1912, II, tav. 213.
259. Delaporte, *op. cit.*, III, tav. CLXXXIX.
260. C. W. Pearce, *The Evolution of the Pedal Organ*, London 1927, p. 1.
261. W. Apel, *Early history of the organ*, «Speculum», XXIII (1948), p. 195, fig. 3; cfr. p. 216, fig. 16; W. Chappell, *History of Music*, London 1874, I, p. 347;

F. W. Galpin, *Notes on a Roman hydraulus*, «The Reliquary», nuova serie, x (1904), p. 162; Drachmann *Ktesibios*, pp. 8-9. R. J. Forbes, *Food and drink*, in Singer, *op. cit.*, II (1956), p. 107, trad. it., p. 110, suggerisce che un passo di Polibio, *Storie*, I 22, ed. W. R. Patton, London 1922, I, p. 60, possa riferirsi a un pestello sospeso ad una molla a palo flessibile. Piú probabilmente il pestello era azionato da una puleggia.

262. Cfr. sopra, nota 22.

263. Clemen, *loc. cit.*; per la data cfr. p. 487.

264. Delaporte, *op. cit.*, I, tav. CXXXII.

265. Cfr. sopra, nota 259; Bibl. Nat., MS. lat. 11560, c. 84*r*, in A. Laborde, *op. cit.*, II, tav. CCCVIII, e L. F. Salzman, *English Industries in the Middle Ages*, Oxford 1923, p. 172; sulla data cfr. sotto, nota 275; cfr. anche A. Rieth, *Die Entwicklung der Drechseltechnikc*, «Archäologischer Anzeiger» (1940), pp. 615-34; F. Spannagel, *Das Drechslerwerk*, 2ª ed., Ravensburg 1940, pp. 16-17; K. Wittmann, *Die Entwicklung der Drehbank*, Berlin 1941, p. 12. Una miniatura del 1350 circa mostra una molla a palo flessibile applicata ad un mortaio per preparare polvere da sparo; cfr. O. Guttman, *Monumenta pulveris pyrii*, London 1906, tav. 48; cfr. anche le tavv. 46, 49. In generale, per l'uso medievale delle molle, cfr. C. Roth, *Medieval Illustrations of mouse-traps*, «Bodleian Library Record», V (1956), pp. 244-51.

266. F. M. Feldhaus, *Die Drehbank des Kaisers Maximilian*, «Werkstattstechnik», X (1917), pp. 293-4.

267. *Codice Atlantico*, c. 381*rb*; Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 150; per la data cfr. C. Pedretti, *Studi vinciani*, Genova 1957, p. 285.

268. F. Keutgen, *Urkunden zur städtischen Verfassungsgeschichte*, Berlin 1901, p. 373, n. 278, § 16: «Item cum rota filari potest, sed fila quae filantur in rota nullo modo in aliquo panno apponi debet zetil; sed zetil totaliter filari debet cum manu et fusa.» Per un regolamento simile di Spira del 1298, cfr. F. J. Mone, *Zunftordnungen einzelner Handwerker*, «Zeitschrift für Geschichte des Oberrheins», XV (1863), p. 281; F. M. Feldhaus, *Spinnräder*, «Daheim», XLVII, 1 (1905-6), n. 10, p. 22; ed il suo *Zur Geschichte des Spinnrades*, «Melliand Textilberichte», VII (1926), pp. 93-94. Le ruote raffigurate, in Delaporte, *op. cit.*, II, tav. CXXIX, e III, tav. CCLXXI, sulle vetrate di Chartres anteriori di poco al 1280, possono essere ruote da avvolgimento, meccanismi per avvolgere il filo sulle bobine per spole (cfr. Singer, *History of Technology*, II, 1956, fig. 183, per un esempio del 1310 circa), dai quali ebbe probabilmente origine il filatoio.

269. A. Thierry, *Recueil des monuments inédits de l'histoire du tiers état: Région du Nord*, Paris 1870, IV, p. 53: «Que nus ne nule ne filent d'ore en avant à rouet.»

270. Ad esempio da W. F. Parish, *Origin of textiles and the spinning wheel*, «Rayon Textile Monthly», XVI (1936), p. 570; R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, IV, Leiden 1956, p. 156.

271. *Mittelalterliches Hausbuch*, ed. cit., tav. 35. Intorno al 1490 Leonardo disegnò sul *Codice atlantico*, cc. 337*v*, 377*r*, 393*rv*, vari tipi di alette; cfr. F. M. Feldhaus, *Die Spinnradzeichnungen von Leonardo da Vinci*, «Melliand Textilberichte», VII (1926), pp. 469-70; per la data cfr. Pedretti, *op. cit.*, pp. 282, 285. Si può notare che un meccanismo per filare azionato ad acqua appare in G. Branca, *Le Machine*, Roma 1629, fig. 20.

272. W. Born, *The spinning wheel*, «Ciba Review», III (1939), p. 997.

273. E. Volckmann, *Alte Gewerbe und Gewerbegassen*, Würzburg 1921, p. 129.

274. Codex Vaticanus latinus 5367; cfr. E. Zinner, *Aus der Frühzeit der Räderuhr: von der Gewichtuhr zur Federzuguhr*, «Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte», XXII, 3 (1954), p. 6. Dal momento che tutti questi strumenti erano

mossi dal peso del galleggiante e del contrappeso, sono, strettamente parlando, azionati a peso. Ma, nella storia della cinematica applicata, è importante distinguere questo tipo di motore a gravità da quelli che richiedono uno scappamento meccanico. Per questo motivo le marionette del Tempio di Bacco, di Erone, azionate da un peso che poggia su un contenitore dal quale fuoriescono semi di miglio o di senape, invece dell'acqua, devono essere considerate come una piccola variante dei sistemi azionati ad acqua, e non come antenate del vero meccanismo a peso; cfr. *Heronis opera*, ed. W. Schmidt, Leipzig 1899, I, p. 361, fig. 86.

275. Oxford, Bodleian Library Ms. 270*b*, c. 183*v*; cfr. C. B. Drover, *A medieval monastic water-clock*, «Antiquarian Horology», I (1954), pp. 54-59. Dal momento che il manoscritto è stato eseguito sotto il patronato della famiglia reale francese, e le illustrazioni miniate riproducono il sogno di re Ezechia, il suo orologio probabilmente non è monastico, ma è piuttosto ispirato da un orologio di corte di Parigi. Per la miniatura ed il manoscritto, cfr. A. de Laborde, *La Bible moralisée*, Paris 1911-27, I, tav. 183; V, p. 181. *Bibliothèque Nationale: Les Manuscrits à peintures en France du XIIIe au XVIe siècle*, Paris 1955, p. 10, n. 6, lo data intorno al 1250.

276. Ed. Hahnloser, tav. 12.

277. *Libros del saber de astronomia del rey D. Alfonso de Castilla*, ed. M. Rico y Sinobas, Madrid 1866, IV, pp. 67-76. Questa sezione fu scritta da Isaac ben Sid di Toledo tra il 1252 e il 1277; cfr. A. Wegener, *Die astronomische Werke Alfons X*, «Bibliotheca mathematica», VI (1905), p. 163; E. Wiedemann e F. Hauser, *Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur*, «Nova Acta», C, 5 (1915), p. 19; F. M. Feldhaus, *Die Uhren des Königs Alfonso X von Spanien*, «Deutsche Uhrmacher-Zeitung», LIV (1930), pp. 608-12; E. S. Procter, *The scientific works of the court of Alfonso X of Castile*, «Modern Language Review», XL (1945), pp. 12-29.

278. Una forma simile si trova nelle pale dello scappamento a ventola dell'orologio di Dover Castle; cfr. Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 776; ma la sua datazione è molto dubbia; cfr. A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed., Cambridge, Mass. 1954, p. 197.

279. Cfr. Conradus de Fabaria, *Casus Sancti Galli*, in *MGH, Scriptores*, II (1879), p. 178.

280. *Chronica regia Coloniense, continuatio IV*, ed. G. Waitz in *MGH, Scriptores rer. Germ. in usum scholarum*, XII (1880), p. 263. La descrizione di Tritemio, citata da J. Beckmann, *History of Inventions*, London 1846, I, p. 350, nota 1, è chiaramente fondata sulla *Chronica* di Colonia, con abbellimenti fantasiosi.

281. Wiedemann e Hauser, *op. cit.*, pp. 176-266; Sarton, *Introduction*, II, p. 632; Usher, *op. cit.*, p. 191, fig. 55; cfr. L. A. Mayer, *Islamic Astrolabists and their Works* (Genève 1956), p. 62, sul padre di Ṛidwān. H. Schmeller, *Beiträge zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabern*, «Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin», VI (1932), pp. 10-11, pubblica una catena di secchi saracena per sollevare l'acqua, la quale è azionata da due pesi di piombo, e che comporta ingranaggi. Tuttavia, dal momento che non vi è traccia di scappamento, è difficile immaginare come tale apparato avrebbe funzionato se i pesi ed il volume d'acqua sollevata non fossero stati esattamente bilanciati. Mentre questo meccanismo si trova in un gruppo di scritti tecnologici legati all'attività di Ṛidwān, non può essere tuttavia datato; cfr. sotto, nota 332.

282. C. Fremont, *Un échappement d'horloge au treizième siècle*, «Comptes rendus de l'Académie des Sciences», CLXI (1915), pp. 690-2, trovò uno scappamento meccanico del 1235 circa, nel taccuino di Villard de Honnecourt, ed. H. R. Hahnloser, Wien 1935, pp. 134-5, tav. 44, che mostra un meccanismo per tenere un dito di un angelo puntato verso il sole, e per girare la testa di un'aquila

su un leggio; cfr. Usher, *op. cit.*, pp. 193-4. Che un meccanismo di questo tipo venisse poi perfezionato risulta dalla citazione di un angelo che girava, nella chiesa di San Paolo a Londra, nel 1344; cfr. G. Baillie, *Watches*, London 1929, p. 38, che cita il documento di Cotton, XXI, p. 24; e fino all'incendio del 1826 un angelo di questo tipo sormontava l'abside a Chartres; cfr. E. Mâle, *Religious Art in France in the Thirteenth Century*, New York 1913, p. 22. n. 3. Ma questi meccanismi disegnati da Villard non potevano funzionare automaticamente, e possono esser portati a testimonianza delle sue ambizioni, piuttosto che delle realizzazioni nella utilizzazione della forza gravitazionale; cfr. F. M. Biebel, *The «Angelot» of Jean Barbet*, «Art Bulletin», XXXII (1950), p. 340, nota 28.

283. L. Thorndike, *Invention of the mechanical clock about 1271 A. D.*, «Speculum», XVI (1941), pp. 242-3; ed anche il suo *Sphere of Sacrobosco and its Commentators*, Chicago 1949, p. 180; e *Robertus Anglicus*, «Isis», XXXIV (1943), pp. 467-9.

284. Cfr. sopra, nota 277.

285. La documentazione è riassunta da E. Zinner, *Entstehung und Ausbreitung der Copernicanischen Lehre*, «Sitzungsberichte der Phlsikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen», LXXIV (1943), pp. 48-49. Macchine siffatte furono presto conosciute in Cina, e raggiunsero il massimo sviluppo nel 1088 d. C.; cfr. J. Needham, Wang Ling e D. J. Price, *Chinese astronomical clockwork*, «Nature», CLXXVII (1956), pp. 600-2.

286. Cfr. sopra, nota 5.

287. A. G. Drachmann, *The plane astrolabe and the anaphoric clock*, «Centaurus», III (1954), pp. 183-9; cfr. anche O. Neugebauer, *The early history of the astrolabe*, «Isis», XL (1949), pp. 240-56.

288. E. Wiedemann, *Ein Instrument das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt nach al-Bīrūnī*, «Der Islam» IV (1913), pp. 5-13.

289. Price, in «Horological Journal», p. 29, fig. 4.

290. Price, *op. cit.*, figg. 2, 3; Mayer, *op. cit.*, p. 59; R. T. Gunther, *Astrolabes of the World*, Oxford 1932, I, pp. 118-20, tavole XXV-XXVI.

291. H. Michel, *Un astrolabe latin du XIIe siècle*, «Ciel et Terre», LXIV (1948), pp. 73-74. Sulle difficoltà della datazione, cfr. E. Poulle, *Peut-on dater les astrolabes médiévaux?*, «Revue d'histoire des sciences», IX (1956), pp. 301-22.

292. E. Zinner, *Über die früheste Form des Astrolabs*, «Bericht der Naturforschende Gesellschaft, Bamberg», XXX (1947), p. 18.

293. Michel, *op. cit.*, pp. 73-79.

294. Price, *op. cit.*, figg. 5, 6; ed anche il suo *The prehistory of the clock*, «Discovery», XVII (1956), p. 155, fig. 2.

295. Cfr. *The Equatorie of the Planetis*, ed. D. J. Price, Cambridge 1955, pp. 119-30.

296. E. Poulle, *L'astrolabe médiéval d'après les manuscrits de la Bibliothèque Nationale*, «Bibliothèque de l'Ecole de Chartes», CXII (1954), p. 99, mette in evidenza il grande interesse, ed il conseguente sviluppo, degli astrolabi verso la fine del XIII secolo quale preparazione dei notevoli progressi astronomici del XIV secolo, sui quali cfr. L. Thorndike, *Pre-Copernican astronomical activity*, «Proceedings of the American Philosophical Society», XCIV (1950), pp. 321-6.

297. R. Levy, *The authorship of a Latin treatise on the astrolabe*, «Speculum», XVII (1942), p. 569; cfr. E. Poulle, *La Fabrication des astrolabes au moyen âge*, «Techniques et civilisations», IV (1955), pp. 117-28.

298. Cfr. E. Zinner, *Die ältesten Räderuhren*, Bamberg 1939, p. 26; Usher, *op. cit.*, p. 200, figg. 58-59.

299. Cfr. specialmente P. Sheridan, *Les Inscriptions sur ardoise de l'Abbaye de*

Villers, «Annales de la Société d'Archéologie de Bruxelles», x (1896), pp. 203-15, pp. 404-51.

300. Cfr. sopra pp. 179-80. Gli studiosi di Dante hanno erroneamente presunto che il poeta (m. 1321) si riferisca tre volte ad orologi meccanici, perché parla di ingranaggi di orologi; cfr. G. Boffito, *Dove e quando poté Dante vedere gli orologi meccanici che descrive in Par. X, 139; XXIV, 13; XXXIII, 144?*, «Giornale dantesco», XXXIX (1938), pp. 45-61.

301. Usher, *op. cit.*, p. 196, seguito da W. C. Watson, *Fourteenth century clocks still in existence*, «American Journal of Physics», XXIV (1956), p. 209, conclude che le prime apparizioni di orologi meccanici avvengono a Milano nel 1335, con molta probabilità a Modena nel 1343, a Padova nel 1344, ed a Monza nel 1347; ma in nessun caso si possono avere date certe. Il primo esempio fuori dell'Italia è probabilmente l'orologio di Strasburgo del 1352.

302. Gualvaneo de la Flamma, *De gestis Azonis vicecomitis*, ed. L. A. Muratori, *Rerum italicarum scriptores*, XII, Milano 1728, col 1038: «Adinvenerunt facere molendina, quae non aqua aut vento circumferuntur, sed per pondera contra pondera, sicut fieri solet in horologiis. Et sunt ibi rotae multae, et non est opus, nisi unius pueri, et moliunt continue quatuor modios tritici, molitura optima nimis. Nec unquam in Italia tali opus fuit adinventum, licet per multos exquisitum.»

303. L'elenco e la descrizione piú completa di questi orologi si trova in A. Ungerer, *Les horloges astronomiques et monumentales les plus remarquables de l'antiquité jusqu'à nos jours*, Paris 1931. L'opera manca tuttavia di una documentazione specifica, ed è fondata in maniera addirittura sospetta, su un epistolario con «antiquari» locali.

304. *Antapodosis*, VI, 5, trad. F. A. Wright, London 1930, pp. 207-8.

305. Per l'interesse medioevale per gli uomini, oltre a quelli degli orologi, cfr. J. W. Spargo, *Virgil the necromancer*, Cambridge, Mass. 1934, pp. 117-35; M. Sherwood, *Magic and mechanics in mediaeval fiction*, «Studies in Philology», XLIV (1947), pp. 567-92. Almeno fin dal 1299 fu costruita una straordinaria «casa degli scherzi», piena di scherzi meccanici, specchi deformanti, e simili, a Hesdin, nell'Artois, e veniva ancora conservata dai duchi di Borgogna alla fine del XV secolo; cfr. J. M. Richard, *Une petite-nièce de Saint-Louis: Mahaut, comtesse d'Artois et de Bourgogne (1302-1329)*, Paris 1887, pp. 308, 333-42. Per l'interesse di Montaigne per meccanismi siffatti impiegati negli scherzi dei giardini dei granduchi di Toscana, cfr. il suo *Journal de voyage*, ed. L. Lautrey, Paris 1909, pp. 187, 195-6, ed anche J. Plattard, *Les Jardins français à l'époque de la Renaissance*, «Revue du XVIe siècle», II (1914), pp. 252-3.

306. Cfr. M. Clagett, *Giovanni Marliani and late medieval physics*, New York 1941, p. 125, nota 1, per la letteratura piú antica; piú recentemente A. Maier, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert*, Roma 1949, pp. 132-54, *Zwei Grundprobleme der scholastischen Natur-philosophie: das Problem der intensiven Grösse; die Impetustheorie*, 2ª ed., Roma 1951, pp. 113-314, e *Zwischen Philosophie und Mechanik*, Roma 1958, pp. 343-73; E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin 1956, pp. 201-8. La nuova teoria fu formulata esplicitamente per la prima volta nelle lezioni parigine di Francesco della Marca nel 1319-20; cfr. *Grundprobleme*, p. 165, nota 11. Tuttavia nel *De ratione ponderis*, Jordanus de Nemore (m. 1237) anticipa la successiva teoria dell'impeto, probabilmente sulla base di osservazioni sul comportamento di oggetti grandi ed irregolari, come cavalli morti, lanciati dalla nuova artiglieria a contrappesi, cfr. E. A. Moody e M. Clagett, *The Medieval Science of Weights*, Madison 1952, pp. 226, 412.

307. L. Mumford, *Technics and Civilization*, New York 1934, pp. 12-18, trad. it. *Tecnica e cultura*, Milano, Il Saggiatore, 1961, pp. 28-33.

308. Cfr. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, III, 1934, p. 405; IV, 1934, p. 169. L'espressione *machina mundi* appare in Lucrezio, ma Arnobio di Sicca fa del sarcasmo su Lucrezio («Rerum ipsa quae dicitur appellaturque natura») e sul suo concetto meccanicistico: «Numquid machinae huius et molis, quae universi tegimur et continemur inclusi, parte est in aliqua relaxata aut dissoluta constructio?» (*Adversus nationes*, I, p. 2, ed. A. Reifferscheid, Wien 1875, p. 4, vv. 6-7, 9-11). Tuttavia Dionigi l'Areopagita, in un passo del quale non sono riuscito a rintracciare il contesto, dice, commentando la Crocifissione: «Aut deus nature patitur, aut machina mundi dissolvetur.» Nel *Tractatus de sphera*, scritto probabilmente prima del 1220, Giovanni di Sacrobosco cita queste parole di Dionigi nell'ultimo periodo; cfr. ed. L. Thorndike, Chicago 1949, p. 117: esse fondono chiaramente la sua cosmologia con la sua fede, dal momento che *machina mundi* appare anche nel primo capitolo; ed. cit., p. 78. Roberto Grossatesta nel *De sphera*, scritto probabilmente poco prima del 1224, usa *machina mundi* tre volte nelle prime tredici righe; cfr. L. Baur, *Die philosophische Werke des Robert Grosseteste*, Münster 1912, p. 11. Un secolo piú tardi G. Buridano, nelle *Quaestiones super Libris quatuor de caelo et mundo*, ed. E. A. Moody, Cambridge, Mass. 1942, p. 180, colpito dal fatto che una mola rotante, una volta in moto, viene fermata solo dall'attrito (*resistentia*), suggerisce che forse non sono necessarie intelligenze angeliche per muovere le sfere celesti, che ruotano forse per un impeto iniziale. «Posset enim dici quod quando deus creavit sphaeras coelestes, ipse incepit movere unamquamque earum sicut voluit; et tunc ab impetu quam dedit eis, moventur adhuc, quia ille impetus non corrumpitur nec diminuitur, cum non habent resistentiam.» Era stata cosí aperta la strada all'immagine di Dio costruttore d'orologi di Nicola d'Oresme.

309. Come ci dice, intorno al 1389, l'amico Philippe de Mézières; cfr. l'abate Lebeuf, *Notice des ouvrages de Philippe de Maizieres*, in *Histoire de l'Académie Royale des Inscriptions et Belleslettres*, XVI (1751), p. 228; D. M. Bell, *Étude sur Le Songe du vieil pèlerin de Philippe de Mézières*, Genève 1955, pp. 116-17.

310. H. A. Lloyd, *Giovanni de' Dondi's horological masterpiece, 1364*, Hookwood, Limpsfield, Oxted, Surrey 1956, p. 1, li enumera; cfr. L. Thorndike, *Milan manuscripts of Giovanni de' Dondi's* Astronomical Clock *and Jacopo de' Dondi's discussion of tides*, «Archeion», XVIII (1936), pp. 308-17, e la sua *History of Magic and Experimental Science*, III, pp. 386-92; G. Baillie, *Giovanni de' Dondi and his planetarium clock of 1364*, «Horological Journal», LXXVI (1934,) apr., pp. 472-6; mag., pp. 8-12; giu., pp. 39-43; riassunto da A. Simoni, *Giovanni de' Dondi e il suo orologio dei pianeti*, «La Clessidra», VIII (feb. 1952), pp. 3-12; Usher, *op cit.*, pp. 198-200.

311. Lloyd, *op. cit.*, figg. 14-17. Poco dopo il 1500 Leonardo da Vinci sembra aver abbozzato l'ingranaggio per Venere di questo orologio; cfr. D. J. Price, *Leonardo da Vinci and the clock of Giovanni de' Dondi*, «Antiquarian Horology», II (1958), pp. 127-8.

312. Cfr. sopra, nota 5.

313. Lloyd, *op. cit.*, p. 23. Su Torriani, cfr. T. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues*, Berlin 1899, pp. 365-90.

314. J. D. Robertson, *Evolution of Clockwork*, London 1931, p. 44.

315. Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, p. 289.

316. M. Thierbach, *Über die Entwicklung des Steinschlosses*, «Zeitschrift für historische Waffenkunde», III (1902-5), pp. 305-11; F. M. Feldhaus, *Das Radschloss bei Leonardo da Vinci*, ibid., IV (1906-8), pp. 153-4.

317. E. von Bassermann-Jordan, *Die Standuhr Philipps des Guten von Burgund*, Leipzig 1927. L'autenticità di questo orologio è stata recentemente messa in dubbio da A. Leiter, *Fälschung oder echt? Eine Betrachtung über die Standuhr*

«*Philipps des Guten von Burgund*», «Die Uhr», XII, n. 21 (1958), pp. 39-40, che sostiene che la cassa è un reliquiario del 1400 circa, nel quale è stato posto intorno al 1550 un orologio. Ma sembra molto improbabile che in un rimaneggiamento successivo, presumibilmente protestante, del reliquario si sarebbero lasciate le armi della Borgogna. Inoltre H. A. Lloyd, *Some Outstanding Clocks over Seven Hundred Years, 1250-1950*, London 1958, p. 31, tav. 26, mostra un orologio a molla del 1440-50 circa in un ritratto borgognone. Dal momento che il principio della conoide era conosciuto intorno al 1405 (cfr. sotto, nota 325), ed era certamente applicato ad orologi intorno al 1477 (cfr. sotto, nota 324), un orologio del 1430 circa non può essere rifiutato semplicemente perché ha una conoide. È egualmente avventato contestarne l'autenticità per le viti di metallo, perché tali viti appaiono intorno al 1405 nel *Bellifortis* del Kyeser, cc. 125*r*, 129*v*, e si trovano nei lavori metallurgici di precisione intorno al 1480 circa; cfr. W. Treue, *Kulturgeschichte der Schraube*, München 1955, p. 156.

318. Lloyd, *loc. cit.*; Singer, *op. cit.*, III (1957), tav. 32*b*.

319. L. Reverchon, *Petite histoire d'horlogerie*, Besançon 1935, p. 67.

320. E. Morpurgo, *L'orologio da petto prima del Henlein*, «La Clessidra», VIII (agosto 1952), p. 5: i costumi sono «ad una Liverea, che è un orologio da sonare hore cum li soi Campanini, excepto che in quella del perfacto S. Lodovico». Zinner, *op. cit.*, pp. 20-21, ritiene, senza adeguati motivi, che questi non fossero orologi pendenti, ma solo portatili.

321. F. J. Britten, *Old Clocks and Watches and their Makers*, 2ª ed., London 1904, p. 134, figg. 130-4; E. Hillary; *The first 100 years of watchmaking*, «Horological Journal», XCVII (1955), p. 40. Intorno al 1530 l'utilizzazione di orologi a molla per accertarsi della posizione durante la navigazione era auspicata, se non praticata; cfr. A. Pogo, *Gemma Frisius, his method of determining longitude by transporting timepieces*, «Isis», XXII (1935), pp. 469-85.

322. Disegni sia dell'arresto che della conoide si possono trovare in Usher, *op. cit.*, fig. 113, ed in Singer, *op. cit.*, III (1957), figg. 392, 394.

323. G. Baillie, *Watches*, London 1929, p. 85.

324. Zinner, *op. cit.*, p. 19, fig. 3; Singer, *op. cit.*, III, fig. 392.

325. *Bellifortis*, c. 76*v*; cfr. sopra, nota 214; F. M. Feldhaus, *Über den Ursprung von Federzug und Schnecke*, «Deutsche Urmacher-Zeitung», LIV (1930), pp. 720-2.

326. Nell'Europa del basso Medioevo vi erano poche prevenzioni nei confronti del progresso tecnologico, nonostante le riserve di sant'Agostino, *De civitate Dei*, XXII, cap. 24, ed E. Hoffmann in *Corpus script. eccles. lat.* XL, 2 (1900), p. 645: «Il genio umano ha inventato e messo in opera molte e grandi arti... e l'industria umana ha fatto grandiosi e stupefacenti progressi, [tuttavia] ad ingiuria dell'uomo, quanti veleni, quante armi e macchine di distruzione sono state inventate!» È curioso che gli Indiani del Perú e del Messico, materialmente meno avanzati, anticiparono il concetto punitivo della tecnologia molto prima del *Frankenstein* di Mary Wollstonecraft Shelley (London 1818). La «rivolta dei manufatti» nella loro arte mostra armi e strumenti che combattono e sconfiggono creature umane; cfr. W. Krickeberg, *Mexikanisch-Peruanische Parallelen*, in *Festschrift P. W. Schmidt*, ed. W. Koppers, Wien 1928, pp. 386-8; E. Seller, *Gesammelte Abhandlungen*, V, Berlin 1915, p. 132, fig. 4.

327. Intorno al 1444 il Bessarione scrisse a Costantino Paleologo, despota della Morea, ed una delle maggiori speranze dei greci per una rivolta contro i turchi, invitandolo ad inviare giovani in Italia per imparare le arti pratiche. Egli non era impressionato solo dai tessuti occidentali, dai vetri, dalle armi progredite, dalle navi, e dalla metallurgia: parlava piú in particolare dell'uso dell'energia idraulica per eliminare il lavoro manuale, per esempio per segare i tronchi e per azionare i mantici delle fornaci; cfr. A. G. Keller, *A Byzantine admirer of*

«*Western*» *progress: Cardinal Bessarion*, «Cambridge Historical Journal», XI (1955), pp. 343-8.

328. Per esempio a Venezia nel 1322 un *Teothonicus ingenierius* si offrì di costruire un nuovo tipo di mulino per macinare il grano, e sottopose il progetto ad un esame del Gran Consiglio; cfr. H. Simonsfeld, *Der Fondaco dei Tedeschi in Venedig*, Stuttgart 1887, II, p. 292. Tale coscienza del mutamento portò all'inizio della moderna storiografia della tecnica con il *De originibus rerum*, di Guglielmo da Pastrengo, scritto intorno al 1350, e pubblicato a Venezia nel 1547. Sullo sviluppo di questi scritti nel XVI secolo, cfr. E. Zilsel, *Die Entstehung des Geniebegriffes*, Tübingen 1926, pp. 130-4.

329. Le storie generali del moto perpetuo sono inadeguate per i primi sviluppi, cfr. H. Dircks, *Perpetuum mobile*, London 1861, e l'edizione ampliata, pubblicata sotto il nome di P. Verance, Chicago 1916; F. M. Feldhaus, *Rühmesblätter der Technik*, Leipzig 1910, pp. 217-30, e *Technik der Vorzeit*, Leipzig 1914, pp. 784-85; F. Ichak, *Das Perpetuum Mobile*, Leipzig 1914; J. Michel, *Mouvements perpétuels, leur histoire et leurs particularités*, Paris 1927. M. Tramer, *Technisches Schaffen Geisteskranker*, München 1926, dipende interamente dal Feldhaus e dall'Ichak. Per le discussioni teoriche del XVI secolo, cfr. P. Duhem, *Origines de la statique*, Paris 1905, I, pp. 52-60. Gli esperimenti con *perpetua mobilia* furono senza dubbio uno dei motivi del rapido aumento di interesse per l'attrito e per i metodi per ridurlo; cfr. F. M. Feldhaus, *Geschichte der Kugel, Walzen-und-Rolleranlagen*, Schweinfurt a. M. 1914; H. T. Horwitz, *Entwicklungsgeschichte der Traglager*, Berlin 1914.

330. *Bibliotheca indica, XXXII: Hindu astronomy: Siddhānta śiromani*, tr. L. Wilkinson, Calcutta 1861, pp. 227-8; cfr. M. Winternitz, *Geschichte der indischen Literatur*, III, Leipzig 1920, p. 564. Il testo menziona altre discussioni di moto perpetuo di Lalla ed altri astronomi, ma di queste non son riuscito a trovarne traccia; cfr. A. K. Ganguly, *Bhāskarāchārya's references to previous teachers*, «Bulletin of the Calcutta Mathematical Society», XVIII (1927), pp. 65-76.

331. L'ipotesi di J. Needham, L. Wang e D. J. Price, *Heavenly Clockwork: the Great Astronomical Clocks of Medieval China*, Cambridge 1959, pp. 55, 73, nota 2, p. 192, che il concetto di moto perpetuo possa aver avuto origine da un'osservazione ingenua degli stupefacenti orologi ad acqua cinesi, il motore dei quali era nascosto, non può essere accettata per due motivi: in primo luogo non abbiamo alcuna prova che l'idea del moto perpetuo fosse conosciuta in Cina; in secondo luogo non vi è alcuna indicazione che informazioni su questi orologi avessero raggiunto l'India, nella quale in effetti è sorta l'idea del moto perpetuo.

332. I manoscritti sono: Gotha n. 1348; Leiden n. 1414, Cod. 499 Warner; Oxford, cod. arab. 954, ed Istanbul, Santa Sofia n. 2755. B. Carra de Vaux in «Bibliotheca mathematica», 3ª serie, I (1900), pp. 29-34, e in «Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Nationale», XXXVIII (1903), p. 29, nota 1, p. 30, nota 1, considera il trattato «d'une époque très tardive». E. Wiedemann in «Erlangen Sitzungsberichte», XXXVII (1905), p. 231, attribuisce il trattato a Riḍwān, ma ibid., XXXVIII (1906), p. 13, ne considera dubbio l'autore. H. Schmeller in «Abhandlungen zur Geschichte der Naturschaften und der Medizin», VI (1922), pp. 16-23, è incerto sulla data e sull'autore.

333. Schmeller, *op. cit.*, pp. 16-19; figg. 9, 9*a*.

334. *Ibid.*, pp. 20-21, figg. 12-13.

335. Ed. Hahnloser, tav. 9.

336. Thorndike, *op. cit.*, III, p. 578.

337. Schmeller, *op. cit.*, p. 22; fig. 14.

338. Monaco di Baviera, Staatsbibliothek, Cod. lat. 197, c. 58*r*; cfr. T. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues*, Berlin 1899, p. 287, fig. 341. Non

conosco la natura di quello che sembra un progetto di moto perpetuo fatto nel 1418 a Firenze, da Pietro «Fannulla», cfr. F. D. Prager, *Brunelleschi's inventions*, «Osiris», IX (1950), p. 523, nota 170.

339. *Op. cit.*, p. 227.

340. Thorndike, *loc. cit.*

341. Cfr. la citazione da A. Meygret, cfr. sotto, nota 359.

342. *Loc. cit.*

343. Li Shu-hua, *Origine de la boussole*, «Isis», XLV (1954), pp. 180, 183, 184, 188, 192.

344. Lib. II, cap. 98, ed. T. Wright, London 1863, p. 183; anche nell'opera del Neckham *De utensilibus*, in *A Volume of Vocabularies*, ed. T. Wright, London 1857, p. 114. W. E. May, *Alexander Neckham and the pivoted compass needle*, «Journal of the Institute of Navigation», VIII (1955), pp. 283-4, mette in rilievo che Neckham non parla di una bussola con perno. Il May, *Hugues de Berze and the Mariner's compass*, «Mariners' Mirror», XXXIX (1953), pp. 103-5, assicura che nessuno ha individuato la fonte originale della frase, relativa alla bussola, e del 1204 circa, attribuita, nel XVII secolo, ad Hugues. La pretesa lettera di Brunetto Latini, nella quale il Latini racconta che Ruggero Bacone gli avrebbe mostrato una bussola, è un falso del 1802; cfr. May e H. L. Hitchins, *From Lodestone to Gyrocompass* New York 1953, pp. 21-22. Per discussioni generali sulle prime fonti della storia della bussola, vedi A. Schück, *Der Kompass*, II, Hamburg 1915, pp. 26-30; H. Balmer, *Beiträge zur Geschichte der Erkenntniss des Erdmagnetismus*, Aarau 1956, p. 52.

345. G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, II, Baltimore 1931, p. 385. *Ibid.*, p. 349, menziona un testo ebraico scritto in Inghilterra intorno al 1194 da Berakya ha-naqdan, nel quale si incontra la bussola.

346. Ed. J. F. Wolfort e H. Schulz, *Percival-Studien*, I, Halle 1861, pp. 50-51, vv. 622-53; per la data, cfr. p. 4.

347. *Historia hierosolimitana*, cap. 89, in *Gesta Dei per Francos*, ed. J. Bongars, Hannover 1611, I, 1106. L'affermazione frequente che Jacques dica che la bussola proviene dall'India, è inesatta: egli dice solamente che il magnete è di origine indiana.

348. Una glossa del 1225 circa alla *Historia islandica*, scritta intorno al 1108, che parla di un episodio dell'868, dice che i marinai di quel tempo non avevano la bussola; cfr. G. Beaujouan, *La Science antique et médiévale*, Paris 1957, p. 573.

349. E. G. R. Taylor, *The south-pointing needle*, «Imago mundi», VIII (1951), pp. 1-7, ed il suo *The Haven-finding Art*, New York 1957, p. 96.

350. Balmer, *op. cit.*, p. 54.

351. *Ibid.*, p. 53; Li, *op. cit.*, p. 195; E. Wiedemann, *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften*, «Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen», XXXV (1903), pp. 330-1; Taylor, *Haven-finding Art*, p. 96. Intorno al 1282 l'autore aveva tuttavia appreso che nell'oceano Indiano si usava una bussola consistente di un sottile disco oscillante di ferro magnetizzato, che è anche la forma menzionata dalla fonte persiana del 1232-3. Dal momento che, secondo Li, *op. cit.*, pp. 180-1, fig. 5, questa è la prima forma di bussola cinese, sembrerebbe che l'Islam abbia ricevuto la bussola simultaneamente sia da est che da ovest.

352. Balmer, *loc. cit.*

353. P. Duhem, *Le Système du monde*, III, Paris 1915, p. 259.

354. Nell'*Opus tertium*, cap. 13, in *Opera inedita*, ed. J. S. Brewer, London 1859, pp. 46-47, Bacone dice di Pietro: «Provava vergogna se una persona ordinaria, od una vecchia, o un soldato, od un villano sapevano qualche cosa che egli non sapesse. Investigò così i metodi dei fonditori, quel che essi fanno con

l'oro, con l'argento, con gli altri metalli e con tutti i minerali; imparò tutto sul combattere, sulle armi e sulla caccia; esaminò tutto quello che è connesso con l'agricoltura, l'agrimensura, e con il lavoro dei contadini; studiò quel che fanno (*experimenta*) le vecchie streghe, i loro sortilegi e gli incantesimi, e insomma ogni cosa sugli stregoni, come pure gli illusionismi ed i trucchi dei giocolieri, in modo che non gli sfuggisse nulla di ciò che bisogna sapere, ed in modo di essere in grado di smascherare tutte le frodi e le magie.»

355. *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt militem*, pars II, cap. 3, ed G. Hellmann in *Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus*, n. 10: *Rara magnetica* Berlin 1898, p. 11.

356. Cfr. J. L. Lowes, *Goffrey Chaucer*, Bloomington 1958, p. 36.

357. Bacone, *De secretis operibus*, c. 6, in *Opera inedita*, p. 537, dice che «experimentator tamen fidelis et magnificus ad hoc anhelat, ut ea [sphera armillaris] tali materia fieret, et tanto artificio, quod naturaliter coelum motu diurno volveretur». A. G. Little, *Roger Bacon Essays*, Oxford 1914, p. 395, suggerisce per la composizione del *De secretis operibus* la data del 1248 circa, ma senza sufficiente fondamento. S. C. Easton, *Roger Bacon and his Search for a Universal Science*, New York 1952, p. 111, propone, piú cautamente, la data del 1260.

358. L. Thorndike, *John of St. Amand on the magnet*, «Isis», XXXVI (1946), p. 156. L'opera di Giovanni fu stampata a Venezia nel 1508.

359. Pars I, cap. 10, ed. Hellmann, p. 8: «Per hoc autem instrumentum excusaberis ab omni horologio; nam per ipsum scire poteris ascensus in quacumque hora volueris, et omnes alia celi dispositiones quas querunt astrologi.» La sfera magnetica rotante di Pietro avrebbe avuto un grande destino. Il cardinale Nicolò Cusano (m. 1464) la conosceva solo tramite gli scritti di Ruggero Bacone; cfr. Balmer, *op. cit.*, p. 249. Tuttavia, a giudicare dal numero dei manoscritti rimastici, l'*Epistola* continuò ad essere letta ampiamente (cfr. T. Bertelli, *Intorno a due codici Vaticani della* Epistola de magnete *di Pietro Peregrino di Maricourt*, «Bollettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche», IV [1871], pp. 4-9), ed anche prima che il trattato di Pietro fosse stampato a Roma, prima del 1520, sotto il titolo di *De virtute magnetis*, ed attribuito falsamente a Raimondo Lullo (cfr. G. Sarton, *The first edition of Petrus Peregrinus «De magnete», before 1520*, «Isis», XXXVII [1947], pp. 178-9), il domenicano (e piú tardi calvinista) Amedeus Meygret, *Questiones... in libros de celo et mudo Aristotelis*, Parigi 1514, fol. 12*r* e *v*, scrive con grande eccitazione sulla sfera rotante di Pietro: «Si magnes fiat spherice figure, et ponatur in medio axis, et situetur secundum situm celi, pars videlicet que est septemtrionalis versus polum articum, et meridionalis versus antarticum: non enim est eiusdem dispositionis in omnibus partibus: immo experimento probatur quod quemadmodum polus articus est oppositus antartico, ita etiam in magnete. Si enim acus fricetur ab ea parte que subiacet septemtrioni, et appropietur parti opposite non attrahet eam, sed repellet et e converso, si acus fricetur a parte que subiacet meridiei. Talis inquam magnes circulariter moveretur, et non per ascensum et descensum, quia tunc talis motus esset violentus; motus autem magnetis, si magnes imperpetuum duraret esset perpetuus, ergo non esset violentus. Forte ad hoc quis negaret quod moveretur, sed hoc esset subterfugere: immo est quidam tractatus de compositione talis magnetis; ideo concedatur ille motus. Et si dicas quod erit perpetuus si duraret magnes in tali dispositione, concedatur et nego consequentiam, quia illa perpetuitas provenieret ex eo quod virtus movens semper applicaretur unde si virtus motiva figuli semper applicaretur rote, rota semper moveretur. Similiter si duo homines perpetuo percuterent pilam, ipsa semper moveretur. Et quia tunc a sola virtute celesti movetur et ipsa est perpetua perpetuo applicata, non est incon-

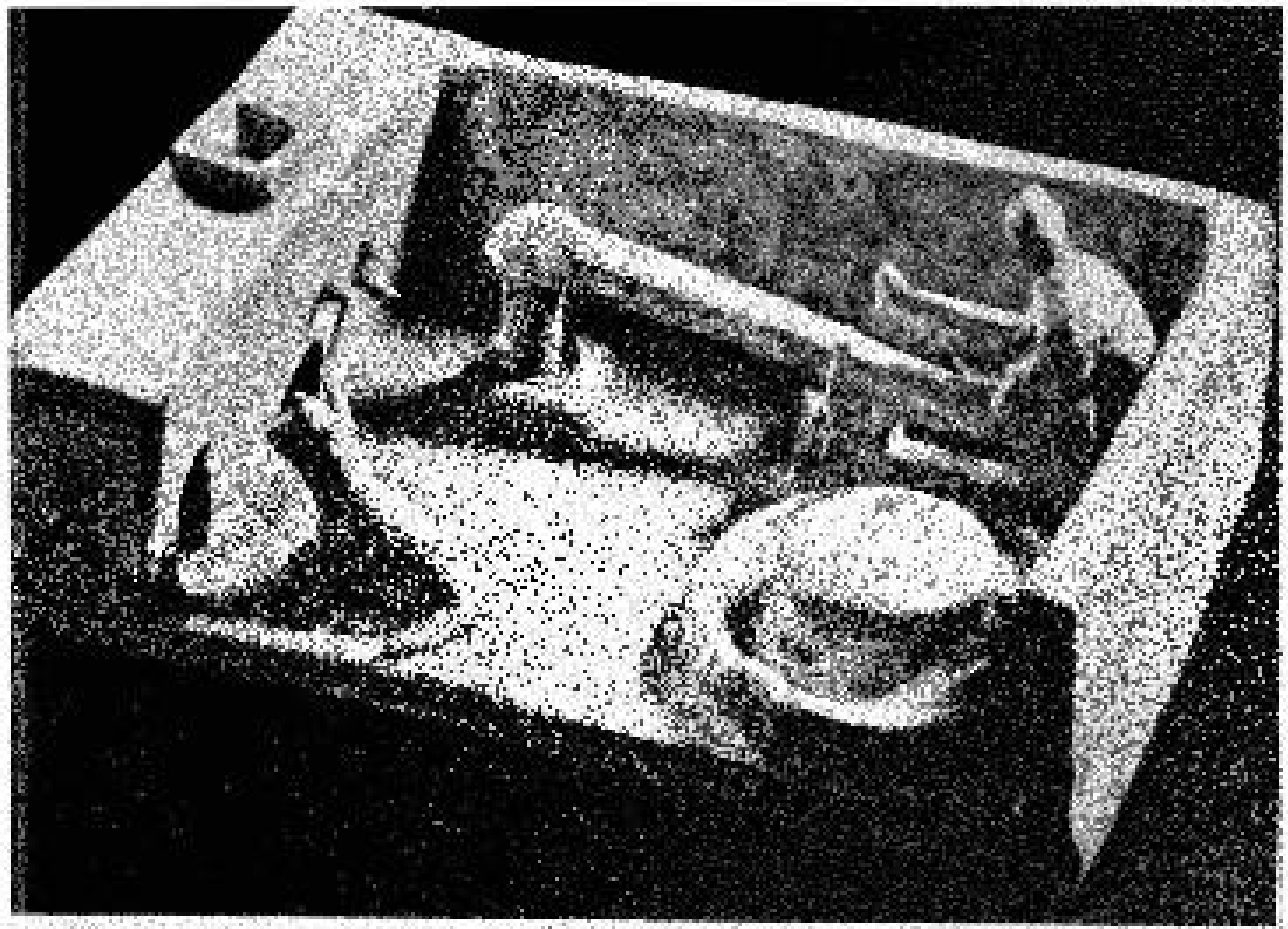
veniens quod perpetuo duret.» (Sono grato al dr. Bern Dibner di Norwalk, Connecticut, per avermi fornito la fotografia del passo della copia, molto rara, di questo volume esistente nella Burndy Library.) Probabilmente nella sua edizione dell'opera di Alchabitius, *Praeclarum opus ad scrutanda stellarum magisteria isagogicum*, Venezia 1521, che non ho consultato (cfr. Thorndike, *op. cit.*, VI, 1941, p. 471, nota 21), Antonio de Fantis descrive la sfera magnetica rotante, e questa è a sua volta citata da G. Cardano nel *De rerum varietate*, del 1557; cfr. Balmer *op. cit.*, p. 249. Nel 1558 apparve ad Ausgsburg una seconda edizione dell'opera di Pietro intitolata *De magnete seu rota perpetui motus*, a cura di A. P. Gasser. Quattro anni piú tardi J. Taisnier, *Opusculum perpetua memoria dignissimum, de natura magnetis et eius effectibus*, Colonia 1562, pp. 8-9, non solo descriveva tale sfera armillare automatica, ma ne forniva anche un disegno; ed egli ne andava cosí fiero che ne pose in rilievo una immagine sotto il proprio ritratto all'inizio dell'opera. Anche G. B. della Porta, *Magia Naturalis*, lib. VII, cap. 37, Napoli 1589, facsimile della traduzione inglese di Londra del 1658, ed. D. J. Price, New York 1957, p. 207, discute del movimento automatico della sfera magnetica. L'idea era dunque divenuta di pubblico dominio.

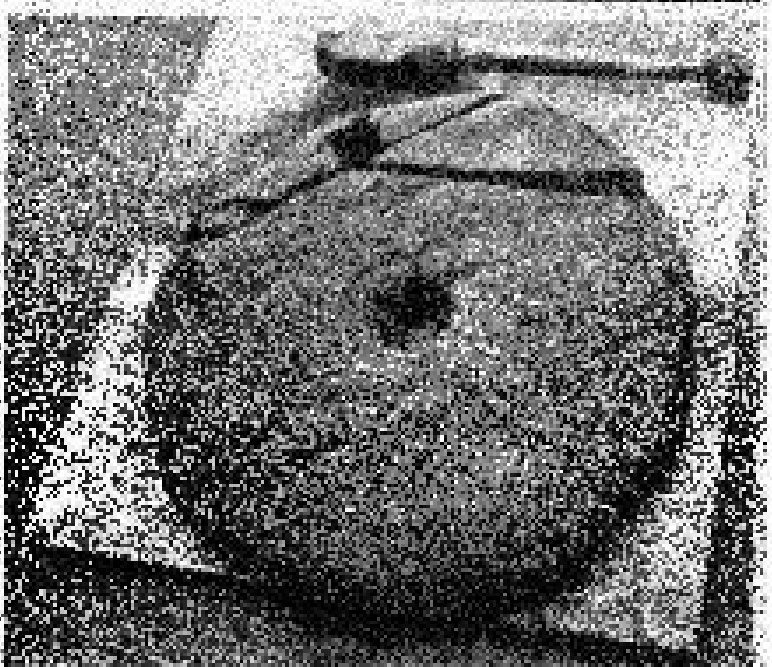
Nel *De magnete*, London 1600, William Gilbert dipende da Pietro di Maricourt piú che da qualunque altro autore; cfr. E. Zilsel, *The origins of William Gilbert's scientific method*, «Journal of the History of Ideas», II (1941), pp. 11-12. Per quanto Gilbert rifiutasse l'idea di macchine a moto perpetuo, e dubitasse che la sfera magnetica potesse realmente ruotare (cfr. lib. VI, cap. 4, ed. D. J. Price, New York 1958, p. 223), tuttavia Zilsel, *op. cit.*, p. 5, è nel giusto nel ritenere che Gilbert «avrebbe accettato l'affermazione di Pietro di Maricourt che una sfera magnetica avrebbe ruotato in continuazione da sola», perché da questa egli aveva concepito per analogia l'idea che la terra stessa è un grande magnete che si muove perché tale; cfr. ed. cit., lib. I, cap. 17, pp. 39-44; lib. VI, cap. I, pp. 211-12; cap. 3, pp. 214-20; anche P. F. Mottelay, *Bibliographical History of Electricity and Magnetism*, London 1922, p. 47, nota 1. Per quanto l'ipotesi del Gilbert di una rotazione magnetica diurna del globo terrestre non avrebbe potuto essere dimostrata, la precedente diffusione dell'idea della *terrella* rotante di Pietro di Maricourt fece sembrare l'idea cosí plausibile che, anche con prove inadeguate, essa distrusse rapidamente una delle maggiori obiezioni al sistema copernicano; cfr. F. R. Johnson, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore 1937, pp. 215-19. Per una analisi di come il Gilbert fosse portato, dal preteso fenomeno della *terrella*, alla conclusione che il nostro pianeta è una sfera magnetica rotante, cfr. A. Wolf, *History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th Centuries*, 2ª ed., London 1950, pp. 294-6.

360. *De secretis operibus*, c. 4, ed. cit., p. 533; cfr. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, II (1929), pp. 654-5; F. Boll, *Technische Träume des Mittelalters*, «Die Umschau», XXI (1917), pp. 678-80.

1. Cammeo dei Kushan, del 100 d. C. circa, che raffigura probabilmente un gancio rigido. Cfr. p. 30.

2. Prima raffigurazione europea della moderna bardatura. Cfr. p. 105 e p. 133 nota 109.

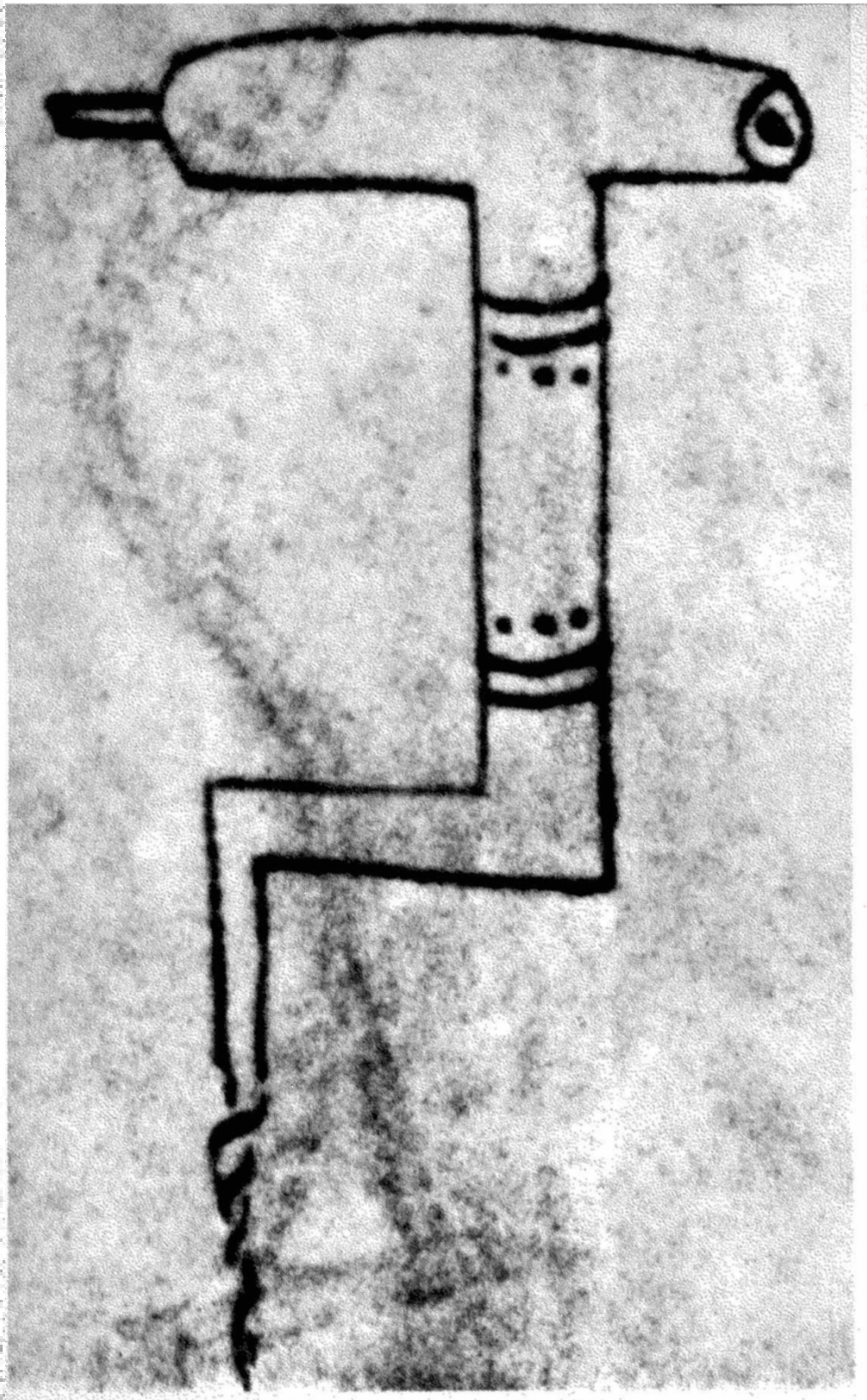


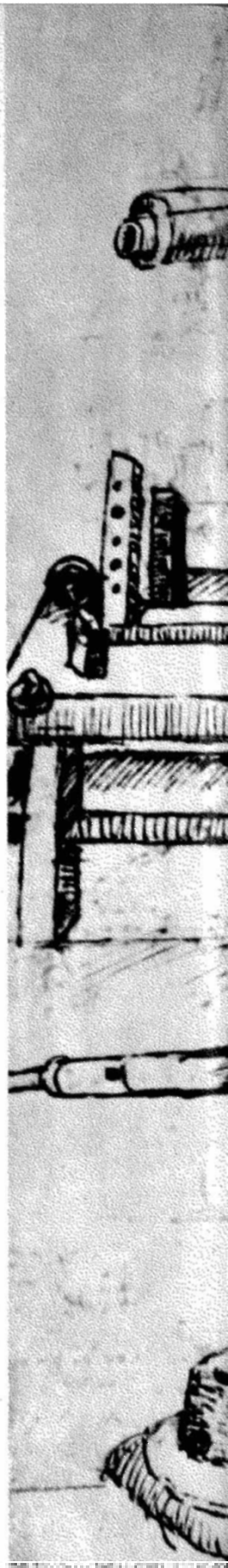


3. I Magi cavalcano alla volta di Betlemme; è la seconda [illegible] della staffa nell'arte cristiana. Miniatura di un omeliario giacobita-siriaco dell'800 d. C. circa, proveniente probabilmente dalla Mesopotamia settentrionale. Cfr. p. 38 e p. 68 nota 155. Per la prima rappresentazione della staffa nell'arte cristiana, cfr. p. 34 e p. 64 nota 108.

4. Prima rappresentazione di una manovella: modello di una macchina per vagliare il riso rinvenuto in una tomba della dinastia Han (prima del 200 d. C.). Cfr. p. 166.

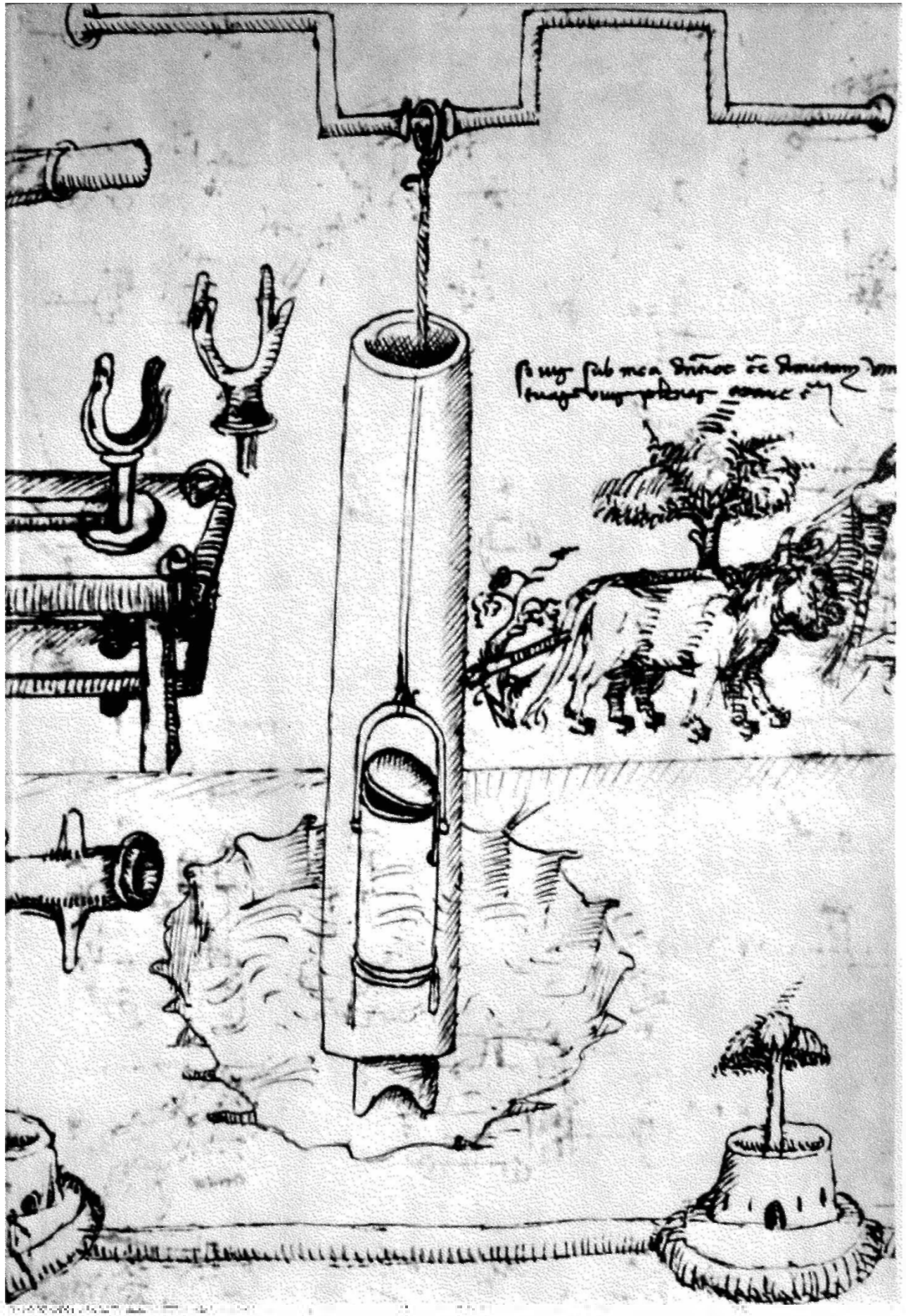
5. Disco di legno e piolo [illegible] proveniente dalla [illegible] (Cina). Cfr. p. 359.

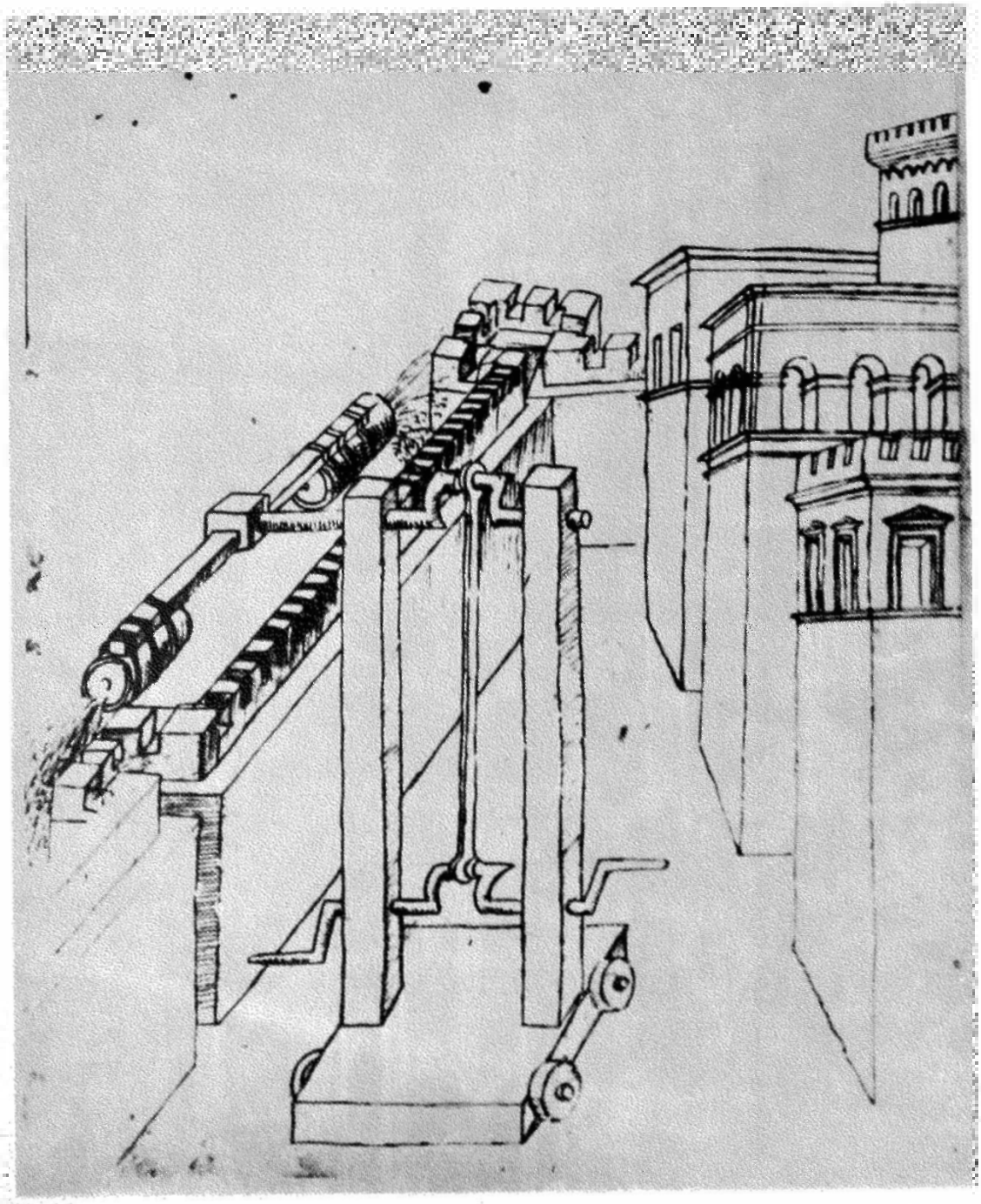




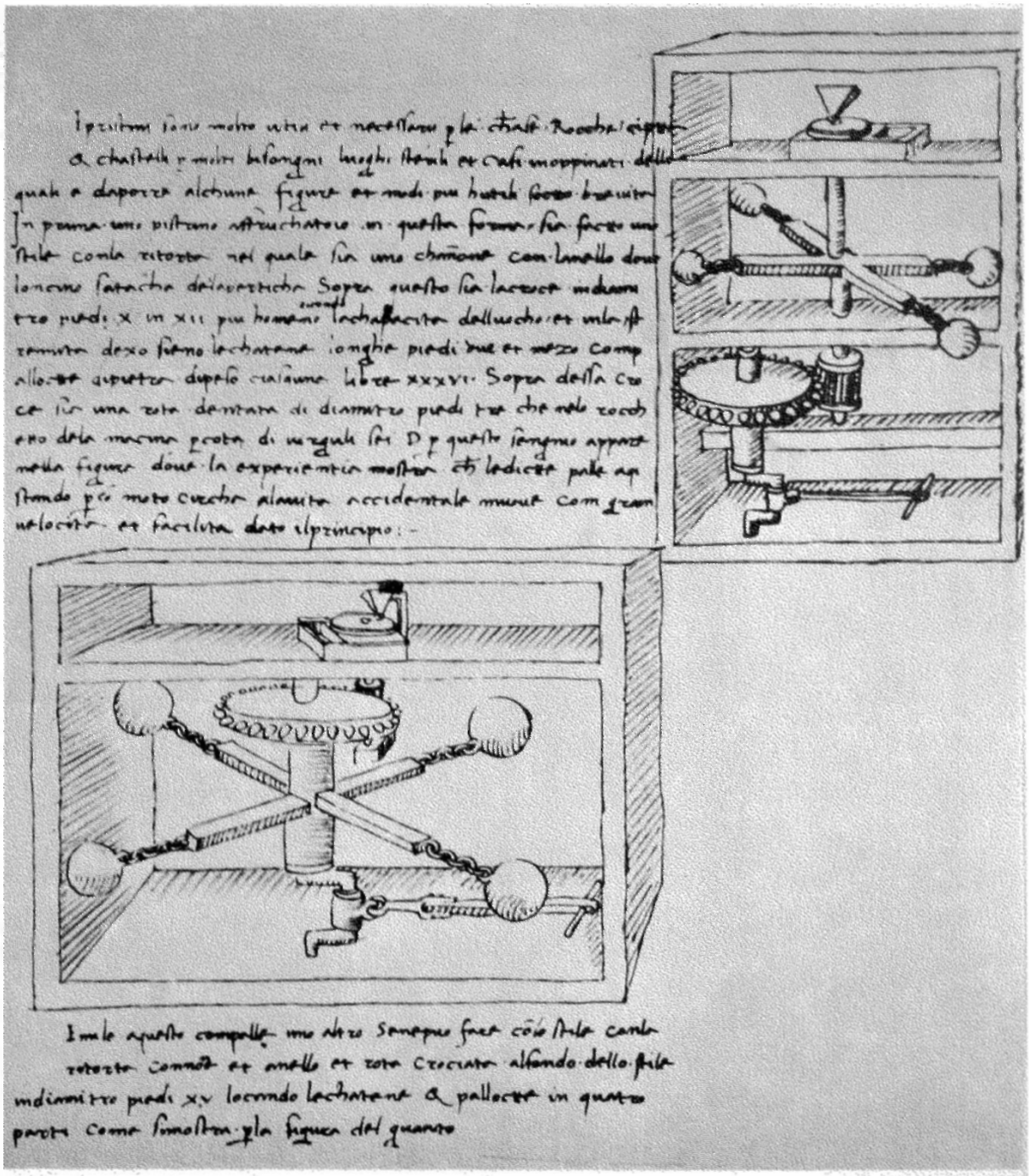
6. Schizzo di Giovanni da Fontana, del 1420-49 circa, di un succhiello a manovella, il cui funzionamento meccanico è stato frainteso. Cfr. p. 174 e p. 216 nota 226.

7. Disegno di Mariano di Jacopo Taccola, del 1441-58, di una manovella composta e biella, il cui funzionamento meccanico è stato frainteso. Cfr. p. 174 e p. 216 nota 230.





8. Disegno di Francesco di Giorgio, del 1482-1501, che raffigura due alberi a manovella paralleli con biella per trasferire un movimento rotatorio continuo su un piano parallelo. Cfr. p. 175 e p. 217 nota 235.



9. *Disegno di Francesco di Giorgio, del 1482-1501, di regolatori a sfera e catena accoppiati a manovelle composte e bielle. Cfr. p. 177 e p. 219 nota 249.*

10. Miniatura di un orologio ad acqua, del 1250 circa, probabilmente della corte di san Luigi a Parigi.
Cfr. p. 179 e p. 221 nota 275.

Indice analitico

Åberg N., scoperte archeologiche nella Prussia orientale, 36
Abu-Dāwūd, con riferimento alle staffe, 32
Abū'l-Qāsim, 214 n. 217
Affitto, lotti di terra in, 99
Afghanistan,
  conquistato dai sassanidi, 31
  mulini a vento, 151
  staffe, 30
Agricola Georgius, *De re metallica* con riferimento alla manovella-biella, 218 n. 238
Agricoltura,
  campi aperti e allevamento, 89, 91, 98 sg., 129 n. 76, 140 n. 195
    «celtici», 89
    a forma di S, 98
    quadrati, 86, 89, 91
    a strisce, 88, 91, 95, 97
  comunità di villaggio, 90
  drenaggio, 88, 92
  erpicatura, 104, 106
  estensione dei campi, 87, 88
  fertilizzazione, 92 n. 38
  maggese, 99, 112, 114 sg., 138 n. 179
  messa a coltura, 115 sg.
  mietitura, 113 sg., 115
  pascolo, 99
  di pura sussistenza, 99
  rivoluzione agricola del Medioevo, 84 101, 118, 140 n. 195
  sistema di rotazione triennale e biennale, 112 sg., 129 n. 76, 138 n. 176
  spulatura, 166
  terra arabile, 99, 106
  terra divisa tra eredi e coltivazione a strisce, 92, 95 sg.
  terra incolta, 112, 116
  trebbiatrice, 132 n. 104
  vaglio rotante a manovella, 166
  v. anche Aratri, Attrezzi, Buoi, Cavalli, Forza animale, Raccolti
Alberto Magno (1193-1280),
  paragone dell'anguilla che lascia i fiumi per i campi, 118 e n. 189
  pressione di vapore e *sufflator*, 154-155, 198 n. 73
  vapore, 155,
  e testa di ottone, 155
Alemanni, e sepoltura con cavalli, 37
Alessandria, polvere da sparo per artiglieria, 161
Alessandro VI papa (1492-1503), *e* armi chimiche 201 n. 119
Aletta, applicata al filatoio, 179, 220 n. 271
Alfonso X, re di Castiglia (1252-84), orologio, 180-1
Alfredo il Grande, re d'Inghilterra (871-901)
  cavalli da aratro in Norvegia, 105
  leggi di Ine, 95
'Alī, (m. 661), staffe, 32

Alsazia, equipaggiamento per cavallo in tomba, 37
Altai, montagne dell'Asia centrale
raffigurazione di staffe in graffito rupestre, 31
staffe in tombe turche, 30
Ambroise, mulini a vento, 152
Andelfingen, Württemberg, ritrovamenti di staffe, 37
Anglosassoni,
agricoltura, 95, 107, 127 n. 57
aratri, 88, 94, 96
armi e tecnica di combattimento ad Hastings, 48, 78 n. 214
campi aperti, 95, 128 n. 60
Chronicle, vestizione dei cavalieri, 74 n. 181
crancstaef, 207 n. 170, 211 n. 193, 213 n. 206
feudalesimo, 48, 79 n. 216
«hide», 96, 97
invasione dell'Inghilterra, 94
«oxgang», 96
Animali,
buoi, erbivori, 115
v. anche Aratro, Aratura, Forza animale
allevamento sistematico, 105, 133 n. 112, 140 n. 195
conigli, 139 n. 194
v. anche Cammelli, Bestiame, Cavalli, Dromedari
Anna Comnena, figlia di Alessio I, imperatore bizantino (1081-1118), 46
Antemio di Tralle (VI sec.), pressione del vapore, 154
Antipatro (I sec. a.C.-I sec. d.C.), mulino ad acqua, 146
Apocalisse,
di Cambrai, 133 n. 109
di Gerona, cavallo con aratro, 106
di Parigi, staffe, 38
di Treviri, 105
di Valenciennes, staffe, 38
Apollodoro di Damasco (II sec.), libro sulle macchine d'assedio e riferimento alle canne cave per la caccia agli uccelli, 157
Applebaum S., il raccolto all'età del bronzo, 113
Aquiloni con petardi sulla coda (in Cina), 202 n. 129
Aquisgrana,
rappresentazione della staffa negli avori del pulpito, 34 n. 107
regolamenti (807), 20
Arabi, 19
archetto, 175-6, 218 n. 240
armi, 47
bussola 190, 227 n. 351
cavalli, 63 n. 100
moto perpetuo, 189, 190
termine usato per indicare lo scudo, 47
staffe, 32, 38
trattato sull'artiglieria, 157, 200 n. 102, 163
trebuchet, 163
v. anche Saraceni
Aral, mare di, armature e armi trovate presso il, 22
Araldica, origine, 47
insegne, 45
saracena, 47
Aratro, 86
campi danesi di forma quadrata, 91
coltro, 88-9, 91-3
costituito da un palo, 86
otto buoi, 87, 90, 96, 128 n. 70
pesante, 87, 88, 90, 95, 98, 106, 127 n. 50
romano, 86
a ruota, 87, 90, 91, 93, 95, 127 n. 45
ruote, 87
terminologia, 94
tirato dal bue, 87, 88
tiri d'aratro, 96, 97, 134 n. 131
vomere, 88, 90, 91, 93, 95
Aratura,
bue contro cavallo, 106-7
con cavalli, 106-7-8
coltivazione, 93, 94
dosso e solco, 87, 88
incrociata, 86
sistemazione a colmi e solchi, 94
solchi, 86
stagione, 115
strisce a divisione, 96
Arcieri, 20, 24, 48
Arcolaio, 179
Arendt W. W. staffe, 30, 60 n. 85
Argano, con manovella per balestra, 172
Aristotele (384-322 a.C.), teoria dell'impeto, 183

Arles (statuti), mulino a vento, 197 n. 52
Armature, 41, 42, 45, 47, 66 n. 125, 71 n. 162
Armeni, architetti, 46
Armi,
ad aria, 157, 158
archi, 47
archibugio, 158, 200 n. 104
ariete navale, 160
artiglieria e armi da fuoco, 161, 163, 202 n. 128
balestra, 47, 91, 187, 213 n. 212
barriera di scudi, 48
bombe 203 n. 136
canne cave per la caccia degli uccelli, 157, 200 n. 100
cannone e palle di cannone, 161, 162, 203 n. 137
cannone a vapore, 156
carro armato, 160
cerbottana, 157, 200 n. 107, 203 n. 137
fionda delle Baleari, 163
da fuoco portatili, 203 n. 135
francisca, 18
frecce, frecce di fuoco, 157, 160
giavellotto, 39
granate, 203 n. 135
lancia, 23, 24, 46, 51 n. 9, 55 n. 35 e n. 36, 56 n. 40
lancia alata, 40
lancia con asta pesante e spuntoni, 39
mazza, 24
palle e colpi di piombo, 161
petardi, 160
scudo, 23-24, 46, 56 n. 40
scudi sovrapposti per formare una parete continua, 48, 78 n. 213
scure da battaglia, 39
spada, 24, 78 n. 213
spada lunga, 39, 70 n. 158
trebuchet, 160-4, 203 n. 135, 203 n. 136, 203 n. 137, 206 n. 161 e n. 162, 207 n. 168, 215 n. 222
Aroldo, re d'Inghilterra (1066), staffe, 48
Aroldo Hardrada, re di Norvegia (1066), citazione di Aroldo d'Inghilterra e staffe, 48
Artigiani, 122
Aspi a manovella, 173, 214 n 216
Astrolabio, 181, 182
Atene, ruota ad acqua romana nell'Agorà, 194 n. 19
Attrezzi,
asce, 85
falci, 84
in ferro dell'epoca romana, 84
vanghe, 84
zappe, 84
Ausonio (370 d.C.), *Mosella*, problema del manoscritto, 148, 149
corrispondenza con Simmaco, 148
sega ad acqua, 148, 194 n. 21 e n. 23
Austria superiore, macchina agricola per vagliare il riso, 166
Automatismi, 163, 183, 214 n. 217, 223 n. 305
Avanzamento automatico, 178
Avari, 19, 35
armature e bardature di cavalli ritrovati nelle tombe d'Italia, 36
datazione delle posizioni, 35
staffe, 35, 36, 37
Azraquiti, setta, 32

Bacone Ruggero (1214-1294), e testa di ottone, 155
razzi, 158-159, 201 n. 118
rapporti con Pierre de Maricourt, 190, 227 n. 354
Bácsújfalu, Ungheria, staffe, 65 n. 119
Baja, Ungheria, staffe, 65 n. 119
Balestra, v. Armi
Baltica, regione, raccolti della, 113
staffe, 67 n. 142
Bardatura, 103-105, 108-111
briglie, 36
frammenti, 36
origine scandinava della, 132 n. 105
v. anche Sella
Bassa Nubia, finimenti di cavalli in tombe reali, 34
Bate Henry di Malines (1274), astrolabio, 182
Battaglie,
Adrianopoli (378), 21-22
Dyle (891), 18
Hastings (1066), 48, 78 n. 214
Lechfeld (955), 116
Poitiers (733), 18, 25-26, 52 n. 12 e n. 13

Stamford Bridge (1066), 48, 78 n. 212
Strasburgo (357), 56 n. 42
Zülpich (612), 54 n. 24
Battānī Al- (m. 926), astrolabio ad ingranaggi, 182
Bayeux, Arazzo di, 45, 47-48, 71 n. 162, 75 n. 187, 78 n. 214, 107
Bedford, messale (1430), trapano in miniatura, 174, 216 n. 225
Berakya ha-naqdan (1194), testo ebraico con riferimento alla bussola, 227 n. 345
Besson Jacques (1578), 177, 193 n. 16, 217 n. 238
Bestiame, allevamento 99
foraggio, 129 n. 79
Bhāskarā (1150), astronomo e matematico indiano, moto perpetuo, 188-189, 226 n. 330
Biella, v. Manovella
Bingen sul Reno, ritrovamenti di staffe, 37
Biringuccio Vannoccio (1540), pirotecnica, 159, 217 n. 238
Bīrūnī Al- (1084), macchina ad ingranaggi che mostra le fasi lunari, 182
Bisanzio, manovella, 173
invenzioni meccaniche, 163, 183
S. Sofia, 154
Bizantini copisti,
armi, 46, 77 n. 194
bardatura a giogo, 104
cavalleria feudale, 46, 76 n. 190 e n. 191
fuoco greco, 157, 159-160, 201 n. 120
manovella, 169
spada lunga, 39
staffe, 35, 38
Bloch Marc,
aratro pesante, 87 sgg.
due regioni della Francia, 90
storia agraria di, 86, 124 n. 8
Böckler G. A. (1661), *Theatrum machinarum novum*, 217 n. 238
Boemia, bardatura per cavallo, 133 n. 107
Bonatti Guido, testa di ottone, 155
Bonifacio di Toscana (1038), chiodi d'argento in ferri di cavallo, 103
Boppard, regione del Reno
aratri, 90, 91
telai con molla e pedale, 170
Brahe Tycho (1546-1601), pendole, 219 n. 251
Branca Giovanni (1571-1640), *Le machine*, caldaia, 155
filatoio ad acqua, 220 n. 271
turbina azionata dal getto di vapore, 156
Bratanić B., dell'Università di Zagabria, terminologia dell'aratro, 94
Breasted James H., trapano a manovella in Egitto, 167
Bretagna,
invasione belga (75 a. C.), con riferimento all'aratro a ruote, 91, 95
macine, 171-172, 212 n. 203
raccolto, 113
Brunelleschi Filippo (1377-1444), forza animale utilizzata per l'erezione della cattedrale a Firenze, 137 n. 174
Brunner Heinrich, teoria dell'origine del feudalesimo, 17-27, 52 n. 13
Buddhismo, attività missionaria, 30
Budenheim, presso Mainz, rinvenimento di staffe, 37
Bue, v. Forza animale, Animali, Aratri
Bulgari, Kuturgur, staffe, 35
Buridano Giovanni (II quarto del XIV sec.)
teoria dell'impeto, 176
trebuchet, 107
Bury St. Edmunds (abate Samson), in riferimento all'aratro a tiro, 107
Bussola del navigante, 190

Cairo, il, Bāb an-Naṣr, porta decorata con fregio di scudi, 46-7
artiglieria, 161
Caldaia, 156
Calendario, carolingio, 100
giuliano, 182
Callinico (673), fuoco greco, 159
Cambogia, balestra azionata da manovelle, 173
Camma, 146, 147, 186 sg.
Cammelli, staffe, 33, 63 n. 100
Campagnola Giulio (c. 1514), manovella e biella, 217 n. 238
Capitolari (825), 42, *De villis*, 112
Cardano G. (c. 1557), *De rerum varietate*, 228 n. 359
Carlo il Calvo, imperatore (m. 877), 45

Carlomagno (768-814), armi, 18-42, 53 n. 19
assalto di Pavia (773), 85
gioco di scacchi donato da Hārūn-al-Rashīd, 69 n. 151
mesi ribattezzati, 100, 112, 121
statua al museo Carnevalet, 102
vassalli, 24-25
Carlomanno, figlio di Carlo Martello, confisca di terre alla chiesa, 18, 27
Carlo Martello (689-741), armata, 18
confisca di terre alla chiesa, 18, 24, 41
conquista della Frisia, 26
invasione saracena, 25-6
staffa e riforma militare, 41-7
Carlo v, imperatore (1519-56), orologio di Giovanni de' Dondi, 184
Carlo v, re di Francia (1364-80), orologio portatile, 185
Carolingi, calendario, 100
conquista della Germania, 113
impero, 45-46, 121
prosperità, 98-99
riforme militari, 27, 40, 48
sacramentario, *Benedictio favae*, 118
confisca di terre della chiesa, 27, 41
Carri, in battaglia, 15
bilancini anteriori 109, 135 n. 141 e n. 143
ruote, 149
a quattro ruote, 109, 135 n. 143, 135 n. 144
Cartesio (1596-1650), *Discorso sul metodo*, possesso della natura, 145
Castel Trosino, Italia
armature e selle ritrovate, 65 n. 111
lance, 69 n. 157
staffe, 36, 66 n. 126
Catalogna, Cannone, 158
Cavalieri, armi e armature, 47
addestramento, 44
evoluzione, 44-6
obblighi, 44
servizio di cavalieri come chiave delle istituzioni feudali, 43-5-6
v. anche Sperone, Torneo
Cavalleria,
anglosassone, 48, 78 n. 214
combattimento d'urto, 41-49, 57 n. 65, 71 n. 147
costo, 42
cultura cavalleresca, 41
feudalesimo, 17, 18
non ferrata, 102
in Spagna, 47
tattica, 45-6
uso, 17-20, 51 n. 11, 54 n. 24
Cavalli,
allevamento, 105, 116
da aratro, sotto la protezione del Concilio di Clermont, 106
avena per allevamento, 115-6-7-8
coda di cavallo attaccata alla lancia, 23
costo di mantenimento, 41, 106
destriero, 22
razza selezionata, 107
sepolture, 36, 42, 102
tandem, 91
da tiro, 22, 103, 109
uso militare, 15-6, 27-8, 47-9
Celestino III, papa, (1191-8), mulini a vento e pagamento decime, 152
Ceredi Giuseppe (1567), manovella, 176
Cervantes Saavedra, Miguel de (1547-1616), mulini a vento, 153
Cesariano,
granate esplose per il vapore, 156
(1521) traduzione dell'opera di Vitruvio e soffiatori, 155
Chansons de geste, 45
Chartres, vetrata dei carpentieri con rappresentazione di sega azionata a pedale e con molla, 178
Chiesa,
confisca di proprietà, 18, 24, 41
cultura, 41
Chronica regia Coloniense, orologio astronomico dell'imperatore Federico II, 180-181
Cibo, eccedenza alimentare in relazione al rapido inurbamento, 122
relazione tra carboidrati e proteine, 117, 139 n. 193
Cina, cinese,
ago magnetico e bussola, 190
argano, 166
artiglieria, 163
aspo a manovella per avvolgere matasse di filo, 173
balestra, 46
bardatura a giogo, 104
cannone, 161
frecce cinesi, 159
macchina per la scortecciatura del riso, 166

maglio idraulico, 147
manovella, 169-175
mantice, 147, 166
mulino a vento per pompare o per tirare imbarcazioni, 151
pedale, 177
pirotecnica, 159
polvere da sparo, 159
proiettili, 165
ruota idraulica, per irrigazione, 147
scaffali rotanti nei monasteri buddhisti, 151
staffa, 34
trebuchet, 163
Tripitaka, 151
cinghia, trasmissione a, 179
Città, sviluppo, 119
Clermont, concilio (1095), 106
Cocchio, 50 n. 2
Codici greci,
molle, 178
rappresentazioni di staffe, 38
trattati sulla meccanica e disaccordo sull'interpretazione dei, 169
Cohen M. R. e Drabkin J. E., 169
Colonia, fibula romana di bronzo, 104
Urlogingasse, gilda di orologiai, 179
Contadini,
analisi, 83, 123 n. 1
aratro pesante, 89, 91, 97
bue, cavallo, 105
concentrazione in grandi villaggi, 110, 136 n. 148
consiglio di villaggio e campo aperto arabile, 89, 90
costo trasporti, 109
ferri da cavallo, 101, 113
prospettive, 114
rialzo tenore di vita, 114
terra in proprietà, 99
Contrappeso, controbilancere, 163, 164, 180, 181
Corea, staffe, 30, 55 n. 35
Costantinopoli, guarnigione, 46
Crescenzio Bartolomeo (1607), armi ad aria, 158
Crociate, 106, 152, 163
Csallány, avari e staffe, 35
Curwen Cecil, macine 171

Dal Nassaro Matteo e il mulino per la rifinitura di pietre preziose, 154
Damasco, sultano di (c. 1232), presentazione dell'orologio astronomico all'imperatore Federico II, 180-181
Danimarca, danesi
aratri, 96-97
insediamento in Francia, 116
insediamento in Inghilterra, 96-97, 116
ruote idrauliche, 147
staffe, 67-68 n. 142
Dante Alighieri (m. 1321), metafora del mulino a vento, 153
De Boüard, riferimento ai campi aperti in Normandia, 126 n. 40
Delisle Léopold, mulino a vento, 152, 197 n. 52
Denholm-Young N., cavalleria, 49
Desiderio, re longobardo, 85
Domesday book (1086),
mulini, 150
mulini ad acqua, 195 n. 31
mulini a vento, 195 n. 34
tiri d'aratro, 107
Dondi Giovanni de' (1348-1364), orologio gastronomico, 184, 185, 224 n. 309, n. 310
Drabkin J. E., v. Cohen M. R.
Dromedario, staffe, 33
Duckingstool, 207 n. 162
Dura-Europos, macina, 171
Durham, *Boldon Buke* (1183),
cavalli all'erpice, 107, 134 n. 127

Ecateo (VI sec. a. C.), riferimento ai raccolti, 113
Eccardo, *Waltharius*, zoccoli ferrati, 103
Edoardo il Confessore, re inglese (1042-66), 48, 103
Egitto,
artiglieria, 161
cerbottana, 157-8
ruota d'irrigazione automatica, 146
salnitro (neve cinese), 159 e 202 n. 125
staffe, 33, 64 n. 108
trapano a manovella, 167
Einhard, *Vita di Carlomagno*, 52 n. 14
Elenskrug-Forst, staffe in tombe, 35
Elicoidali, alette, 147
Ellenistica, età, invenzioni meccaniche, 146, 147, 163
Energia idrica,
dispositivo per la filatura, 179

macchina per innalzare l'acqua, 168
mulino ad acqua, 146-7
sega, ruota idraulica, 148-9
Ennin (IX sec.), riferimento ai mulini ad acqua, 193 n. 15
Eoliane, teste, 155, v. anche *sufflatores*
Eolipila, 154
Ercker Lazzaro (1574 c.), illustrazione di *sufflator* e fornace, 155, 199 n. 82
Ermenrico di S. Gallo (850), manoscritto dalla Mosella di Ausonio, 148-9
Erone, di Alessandria (62 d. C.),
Diottra, *Meccanica*, 169
eolipila, 154
organo ad acqua, 177
Pneumatica, manico a T, 169
turbina a vapore, mulino a vento, 146
Etiopia,
tombe reali della Bassa Nubia, 33-34
staffe, 33-34
Europa, Nord,
aratri, 89
clima e agricoltura, 106, 107
economia feudale, 89
energia nuova, 119
ferro, 48
mulini a vento, 150
orologi, scappamento meccanico, 183

Fanteria,
anglosassone, 48, 78 n. 214
equipaggiamento, 42, 47
uso, 17, 21, 47
Federico II (1212-50), orologio astronomico, 180
Ferro,
distribuzione e usi ai tempi romani, 91
fusione, 147
miniere ai tempi dei carolingi, 47
usato dal contadino medioevale, 85
Feudalesimo, .
caratteristiche, 51 n. 13
diffusione, 45-6
in Inghilterra, 48-9
origine, teorie, 17,28, 40
presso i franchi, 48-9
servizio militare, 24-5, 41-2, 53 n. 22, 57 n. 65
staffa, 40
v. anche: Cavalieri
Fiandre, le,
girabacchino, 173
mulino a vento ad Ypres, 152-153
ruota ad acqua e canale, 151
Filarete A. A., *Trattato dell'architettura* (1464) *e* soffiatori, 155 *e* 199 n. 79
Filatoio, 179, 220 n. 271
Filippo VI, re di Francia, (1328-51), incitato da Guido da Vigevano alla nuova crociata, 173
Filippo il Buono, duca di Borgogna (1419-67), orologio, 185
Finlandia, aratro semplice, 91-2
Flemaille, Maestro di, altare di Mérode del 1427, girabacchino, 172-3
Foca, imperatore (602-10), monete, 35
Fontana, Giovanni da, (1420)
propulsione a razzo, 160
succhiello, 174
taccuino, 120
Tractatus de pisce ave et lepore, 160
Fornace, con *sufflator*, 155
per fusione del ferro, 47
Fortuna e ruota del destino, 172
Forza animale, 88, 101-111, 116, 131 n. 99 e n. 100, 137 n. 174 e n. 175
animali attaccati in fila, 91
buoi, 87, 105-106, 110
cavalli, 104-105, 110
muli, 101, 104, 106, 131 n. 100, 132 n. 104, 170
Forza idrica, 225 n. 327
meccanismo per filare azionato ad acqua, 220 n. 271
mulini ad acqua, 193 n. 9, 195 n. 34
pompa centrifuga per sollevare l'acqua, 217 n. 235
ruote ad acqua, 193 n. 9, 195 n. 45
Franchi,
armi, 42, 85
campo di marzo e campo di maggio, 18, 53 n. 16
cavalleria, 21-7, 43, 54 n. 24
feudalesimo, 24, 42
influenza della tecnologia militare, 47
pastorizia preferita all'agricoltura, 99
polvere da sparo, 160
proverbio, 44
servizio militare, 20, 42
sistema argenteo in sostituzione di quello aureo, 72 n. 165
sistema triennale di coltivazione, 116
staffa, 37, 39 sg., 69 n. 151

tattica militare, 17, 25, 46, 47, 48
trebuchet, 163
v. anche Miniature
Francia,
affitti, 108
agglomeramento in grandi villaggi, 109-110
Angiò, raccolto sul XII secolo, 137 n. 175
artiglieria a Tolosa e Rouen, 161
astrolabio, 181
divisione in due regioni, 90
gualchiera a Grenoble e all'abbazia di S. Wandrille presso Rouen, 149
maglio, 147
mulino sulla Senna per la rifinitura di pietre preziose, 154
mulino a vento in Normandia, 152
mulino per la lavorazione del ferro a Bayonne in Guascogna, 149
mulino per la lavorazione della canapa a Grenoble, 149
orologio ad acqua, 185
pompa per vuoto a Parigi, 162
siccità del 1094, 118
terreni abbandonati per inidoneità agricola, 136 n. 147
trattato del XIII secolo sull'orologio, 179
Franciscus de Marchia (1319-20), teoria dell'impeto, 223 n. 305
Francke, maestro (1424), pannello dell'altare di S. Tommaso con girabacchino, 173-4
Freno, 151, 186
Fritigerno, comandante gotico, 21, 22
Froissart, *Cronaca* di, fatti d'armi, 45, 75 n. 183
Fucine, 149
Fulrado di Vermandois e Lobbes, abate, 21
Fuoco greco, 157, 160-1, 182, 202 n. 122, 204 n. 141

Gammartingen-Simaringen, Württemberg staffe, 37
Gerardo, *Miracula Sancti Oudalrici* (973), ferri da cavallo, 103
Gerberto, 155, v. anche Silvestro II
Germania, germani,
anonimo ingegnere delle guerre ussite, 176
aratri, 94, 95, 127 n. 45 e n. 50
bardature di cavalli, 106
biella, manovella, 175-9
campi aperti, 99, 116
cavalleria, cerimonie, 74 n. 181
magli ad acqua, 149
metodi militari, 17
mulini per la follatura, 153
popolazione, 98
razzi, 159
regolamenti della gilda di Spira (1298), 153
ruota per irrigazione, 147
sepolture di cavalli, 37
staffe, 37-8
terre abbandonate per i grandi villaggi, 109
volano, 169
v. anche Colonia, Renania
Gerona, Spagna, rappresentazione di aratro e cavalli sull'arazzo, 106
Giappone, aspe per l'avvolgimento delle matasse, 217 n. 236
manovella singola con biella, 175, 217 n. 236
fuochi d'artificio per i giorni di festa, 202 n. 129
staffe, 30
Gibbon E., battaglia di Poitiers (733), 25
Giorgio, Francesco di,
petardi a reazione, 160
sega idraulica, 217 n. 238
sfera legata a catena, 177
girabacchino, 173, 174, 215 n. 222, 216 n. 225
Trattato di architettura, 175
Giustiniano, imperatore (518-27), monete, 135
Gosforth, Cumberland, rilievo anglosassone con scudi a parete, 78 n. 213
Goti, aratro, adottato dagli slavi, 92
Gran Khan (1276), *trebuchet*, 164
Gravità, forza di, 163 sg., 179, 221 n. 282
Greci, libri,
molle, 177
staffe, illustrazioni, 38
trattati di meccanica, 169, 211 n. 192
Greco-romana, artiglieria, 163
Grossatesta Roberto (1175-1253), «machina mundi» in *De sphera*, 223 n. 308, testa d'ottone, 155

Gualvaneo de la Flamma, *De gestis Azonis vicecomitis*, con riferimento all'allevamento selettivo, 133 n. 112, 223 n. 302
Guericke, Otto von, (1602-86), costruzione della *Magdeburger Windbüchse*, 158
Guglielmo I, re d'Inghilterra (1066-87), impiegati dello scacchiere, 107
organizzazione feudale d'Inghilterra, 49, 154
Guglielmo d'Alvernia, vescovo di Parigi, *De universo creaturarum* (1231-61), 190
Guglielmo di Malmesbury (XII secolo), organo, 154
Guido da Vigevano (1280-1350), barca con due coppie di ruote, 174, 217 n. 234
macchine militari e manovella, 173, 215 n. 219
Guiot de Provins, *Bible* (1203-8), bussola per navigazione, 190

Hadith, staffe, 32
Hāsan Al- al-Rammāh (1280-1295), razzi, 159
Hampel, staffa, 35
Hereford, Inghilterra, ferri da cavallo, 103
Herewī Al- (1211), tattiche dei franchi, 47
Homans, G. C., divisione delle terre negli insediamenti danesi in Inghilterra, 96
Hou Han-shu, 147
Huc, padre (1845), cilindri oranti di tibetani nomadi, azionati da turbine, 157
Hunan, Cina, staffa, 30
Huygens, C. (1629-95), motore a pistone, 162
Hywel Dda, leggi gallesi, 96

Iberia, aratri a ruota, 91
Ibn Sa'id, armature di musulmani spagnoli, 47
Impeto, teoria, 176, 183, 223 n. 308
India,
aratura, 91, 224 n. 19
arcolaio, 178
area culturale, 30
bussola, 190
cannoni, 161
calamite, 227 n. 347
cerbottane, 157, 200 n. 99
macine, 171, 211 n. 197
moto perpetuo, 188, 189
numeri e calcolo posizionale, 189
rappresentazione di staffe in scultura, 30
supporto per piede di cavaliere, 30
testi Veda, datazione, 124 n. 19
Ine, re del Wessex (688-726), leggi, 95
Inghilterra,
agglomerato di grandi villaggi, 110
armi e colpi di piombo, 161
astrolabio, 182
campi estivi, filastrocca antica dei, 118
Danelaw, 95-97, 116
dissodamento nei villaggi dello Yorkshire, 116, 138 n. 177
Dover, Kent, orologio di, 221 n. 278
industria tessile, 153
mulino ad acqua, 149-150, 195 n. 34
mulino a marea, 150
mulino per la lavorazione del ferro, 149
mulino a vento vicino a Buckingham, lasciato all'abbazia di Oseney, 152
mulino a vento di Dunwich, Suffolk, 197 n. 53
mulino a S. Mary, presso Swineshead, 152
mulino a Weedly, Yorkshire, 152
mulino a Old Winsor, Berkshire, 195 n. 34
servizio di lavoro, 108
sistema di rotazione triennale, 117
telai, 177
tiro di aratro, 107-108, 134 n. 131
Warlington, Suffolk, *duckingstool*, 207 n. 162
Iran, invenzioni meccaniche, 163
staffe, 32
Irlanda,
agricoltura, 93
coltivazione a strisce, 93, 128 n. 61
giogo da corna, 131 n. 98
macine a rotazione, 216 n. 228
sistema di rotazione triennale, 117
Isaac ben Sid di Toledo (1252-1277), orologio di Alfonso X di Castiglia, 221 n. 277

Isaac G. B. (1579), soffiatore sferico, 155
Isfahan, datazione dell'astrolabio, 182
Isidoro di Siviglia, equipaggiamento per cavaliere, 66 n. 177
Isidoro Pacense (m. 636) battaglia di Poitiers, 18
Carlo Martello, 27
Islam,
astrolabio, 182
automatismi, 163
invenzioni meccaniche, 183, 215 n. 217
manovella, 173
moto perpetuo, 189
pirotecnica, 159, 161-2
Italia,
agricoltura, miglioramenti, 140 n. 195
aratri nella valle del Po, 87, 90-1, 93 sg.
arti meccaniche, 225 n. 327
battello con ruote, 175, 217 n. 234
bussola per navigazione, 190
cerbottana, 158
feudalesimo, 46
girabacchino, 173
lago di Nemi, imbarcazioni cerimoniali, 167, 210 n. 187
Loreto, Santa casa, 156
mulino nella laguna adriatica, 158
mulino sul Serchio, in Toscana, 149
mulino a vento a Milano, 149
mulino a vento a Venezia, 153
popolazione agricola, 140 n. 195
proiettili di ferro a Lucca, 161
raccolto vicino a Padova, 113
scappamento meccanico per orologio, 182, 223 n. 301
schiavi dell'Asia centrale, 176
staffe, 69 n. 155
trivella con manovella, 174
turbina, 176

Jacques de Vitry (1212), bussola per navigazione, 190, 227 n. 347
Jāḥiz Al- (m. 868), disprezzo dei persiani per gli arabi, 32
staffe, 32
Jazarī Al- (1206), manovelle, 214 n. 217
Jenissei, Siberia, ferri da cavallo in tombe, 102
graffito raffigurante un *clibanarius* senza staffe e una lancia, 56 n. 40
Jocelin of Brakelond, mulino a vento, 144, 152, 197 n. 55
Jutas, staffe in tombe avare, 35
John of St. Amand on the Magnet, 228 n. 358
Jutland, sbarramenti e mulini ad asse verticale, 147
Criss-cross furrows: Ploughs furrows found under a Stone Age barrow in Jutland, 125 n. 26

Kama, Russia, staffa, 61 n. 87
Kauder Konrad, *Feuerwerkbuch* (1429), polvere in grani, 205 n. 153
Kauffmann Friedrich, testimonianza archeologica, staffe, 28
Kerč (Crimea), lancia trovata in una tomba di, 55 n. 35
Kiev, Crimea, lancia in tomba, 106
Kirbis W., leggi di Ine, 95
Kircher Atanasio, mulino a vento azionato da getti di vapore, 156
Kiselev S. V., staffe, 30
Klemann O., staffe a Elenskrug-Forst, 35, 66 n. 120
Kludov, salterio di Mosca, rappresentazione di staffe, 38
Komaró Cecoslovacchia, staffe, 65 n. 119
Kovrig J., staffe in tombe avare, in Ungheria, 35, 65 n. 119
Kuban regione della Russia meridionale, staffe in tombe sarmatiche, 60 n. 84
Kulū, Kashmir, vaso di, 59 n. 72
Kūshān, cammeo con staffa, 30
Kyeser Konrad (1405), *Bellifortis*, asse conico per balestra, 186-7
balestra con manovella, 173
mola, 214 n. 215
soffiatore dipinto, 155
trabucco, 216 n. 229

Laida, presso Tambov, Russia, staffe, 31
Langres, Francia, campi con confini curvati irregolarmente, 129 n.75
V. anche Musei
Le Coq A. von, origini della staffa, 29
Lefèbvre des Noëttes Riccardo, bardature di cavalli, 103
staffe, 38

Leonardo da Pisa, *Liber abaci* (1202), 189
Leonardo da Vinci (1452-1519),
alette per la filatura, 220 n. 271
cannone, 162
carro militare, 217 n. 232
ingranaggio per Venere dell'orologio di Giovanni de' Dondi, 224 n. 311
pendolo, 177
pompa centrifuga per sollevare l'acqua, 217 n. 235
soffiatore che gira lo spiedo, 155
soffiatori a testa d'ottone, 155
tornio a pedale, 178
volano per arcolaio, 178
Leone VI, imperatore (886-911), staffe, 38
Leonis imperatoris Tactica, 131 n. 92
Tactica, ferri da cavallo, 103
Leclerq, Dom Henri, ferri da cavallo, 101
Lesne E., secolarizzazione terre della chiesa, 25
Levante, bussola di navigazione, 190
commerci, 190
potenza romana sul, 92
Lex alemannorum, 95, 127 n. 53
Lex salica, 95
Liber niger di Peterborough (1125), allevamento cavalli, 107
Lindenschmidt L., staffa di Budenheim, 37
Linz, St. Peter, regione danubiana, staffa trovata a, 65 n. 119
Lituania, staffe, 35
Liutprando da Cremona (X sec.), automatismi bizantini, 183
Longobardi,
aratro, 95, 127 n. 53
guarnimenti di cavallo in tomba, 36
inizio del feudalesimo, 46
Lucrezio, noria (mulino ad acqua), 193 n. 9
Ludovico il Germanico, torneo (842), 45
Ludovico il Pio, imperatore (813-40), mura decorate del palazzo di Ingelheim, 18
Luigi il santo, re di Francia (1226-70), orologio, 180
Luttrell, salterio (1340), mola con manovelle, 173
Mach Ernst, movimento della manovella, 175
Macine, 169, 171-2, 175-6, 209 n. 178, 212 n. 204, 214 n. 215, 216 n. 228
Magdeburgo, Sassonia, 35 n. 141
Magi, re, staffa in miniatura, 38
Magiari, incursione, 116
Maglio, 147
Magnetismo, ago magnetizzato, 182, 227 n. 347
Maiden Castle, Inghilterra, ferri da cavallo, 102
macina, 212 n. 203
tre ruote ritrovate a, 213 n. 205
Malayālam, cerbottana, 157
Malesia, cerbottana, 200 n. 99
Malthus T. R. (m. 1835), popolazione e cibo in eccesso, 117
Mamelucchi, armata, *trebuchet*, 110
Mangoldt-Gaudlitz, confisca di terre della chiesa da parte di Carlo Martello, 27
Manovella, 112, 169, 179, 187
biella, 175-6-9
composta, 175-6-7-9
moto a, 169, 171, 175
Mantici, 147, 155, 166
Marco Greco (1250), formula della polvere da sparo, 161
Marmo, sega da, 148
Martino di Aquisgrana, copiatore dell'opera di Guido da Vigevano, 215 n. 219
Massageti, Asia centrale, cavalleria pesante, 22
Massimiliano, imperatore (1486-1519), tornio, 178
Maurizio, imperatore (582-602), *Strategikon*, 34-5, v. anche Pseudo-Maurizio
Meccanismi, congegni, 180
astrolabio meccanizzato, 181
catena di ingranaggio, 183-4
corona, stella, 146
ingranaggio ellittico, 184
Medioevo,
arte, 68 n. 143
influenza tibetana, 157
rivoluzione agricola, 84, 112, 121
Mediterraneo, regione,
aratro raschiatore, 89
aratura incrociata, 86
conquista islamica, 120

miniere di ferro, 84
mulini a vento, 150, 153
raccolti, 114, 117
Meitzen A., aratro, 86
Mercanti, 120
Mercurio, moto perpetuo, 189
Merovingi, dominio, 120
Mersenne Marin, fucili ad aria, 158
Messico, indiani Nahus, campi aperti e allungati, 92
Milano, Cronaca di Gualvaneo de la Flamma, descrizione di orologi meccanici, 223 n. 302
Minusinsk, bacino, staffe, 31
Misurazione, invenzione, 160
Mitridate, re del Ponto (135-63, a. C.), mulino per il grano, nel palazzo, 146
Molla, 187
ad arco, 177, 219 n. 251
a palo flessibile, 220 n. 265
a spirale, 177
spirale in fucile ad aria, 158
Mongoli, Mongolia, cilindri oranti, 151
coda di cavallo attaccata alla lancia, 32
Moreland Samuel (1625-95), polvere da sparo, 162
Moto alterato, 104
automatico, 178
perpetuo, 180
rotatorio, 158-159
Motore a combustione interna, 161-162
Mozarabico, manoscritto, *trebuchet*, 163
Mubarrad Al- (898), staffe, 32
Muhallab Al- (694), cavalli a coda mozzata, 62 n. 98
staffe, 32
Mulini,
ad acqua, 150
azionati da forza magnetica, 191
a forma di clessidra, 170
per la follatura, 141, 194 n. 26
gualchiera, 149
per la lavorazione della canapa e del ferro, 149, 195 n. 31
a mano con ingranaggi, 215 n. 218
a mano per la scortecciatura del riso, 175
a marea, 150
a peso per la macinazione del grano, 183, 223 n. 302
con pestello rotativo per la frantumazione di pigmenti, 176
con ruote calcatorie, 216 n. 229
per sega, 178
a vento, azionati da getti di vapore, 156, 200 n. 96
Müller-Karpe H., staffe in Germania, 31
Musei,
Boston Museum of Fine Arts, 59 n. 76, 60 n. 78
British Museum, Londra, staffe, 29
Carnevalet statua di Carlomagno a cavallo, 102
Chicago Art Institute, 60 n. 77
Cluny, staffa, 68 n. 145
Hermitage, piatto d'argento con raffigurazione di staffe, 31
Langres, rilievo gallo-romanico con cavalli attaccati in fila, 91
Louvre, disegno di Pisanello, 174
Mosca, museo storico di, Salterio Kludov, staffa, 38, 68 n. 148
Napoli, staffe romane, 58 n. 69
Nelson Gallery di Kansas City, 166, 208 n. 172
Shōsōin a Nara, Giappone, staffa, 60 n. 83
University of Pennsylvania Museum, staffa, 60 n. 79
Mussolini Benito, drenaggio del lago di Nemi, 167
Musulmani, avversione alla riproduzione di figure umane e animali, 31
armi da sparo, 47-48
bussola, usata per la navigazione, 190, 227 n. 351
conquiste, 120
ordini cavallereschi, 78 n. 205
staffe, 32-38
v. anche Arabi, Islam, Saraceni, Spagna

Navi, Lago di Nemi,
battello con ruota a pala, 167-8, 217 n. 234
catena continua di secchi per svuotare l'acqua di sentina, 167
vite senza fine, 146
Neckam Alessandro (1157-1217), pedale nella tessitura, 177
De natura rerum, bussola, 190
Newton Isacco (1642-1727), teoria del moto d'inerzia, 183
Niceforo II Foca, imperatore bizantino (963-9), variazioni in campo milita-

re, 46, 76 n. 190 e n. 191
Normandia, normanni,
aratro a cavallo, 108, 135 n. 132
coltivazione a strisce e campi aperti, 98, 126 n. 40
conquista dell'Inghilterra, 48-9, 78 n. 214
divisione scandinava della terra, 98
insediamento danese, 96
mulini a vento, 152
scudi, 116
siccità del 1094, 118
Norvegia,
Canzone della macina, 212 n. 199
cavalli da aratro, 107-8
Novgorod,
porte di bronzo della cattedrale di, 135 n. 141
riferimento a collari da cavallo, 134 n. 121

Oddone, abate di Cluny (m. 942), trattato musicale, 172
Oetlingen, Württemberg, sepolture di cavalli, 37
Olanda, coltivazione di campi con zappa, 92
Oman, sir Charles, battaglia di Adrianopoli (378), 21
Omar (c. 644), califfo, e la storia dei mulini a vento, 196 n. 48
Opera, prestazione d', 108
Orderico Vitali, siccità del 1094, 118
Oresmus Nicholas, vescovo di Lisieux (m. 1382), aratri a cavallo, 108
metafora dell'universo come orologio meccanico, 184
Organo, a pedale, ad acqua, a manovella, 177
Orologio,
astronomico, 180-1-3
ad acqua, 164, 179, 182
arresto, 186
barretta, oscillante, 182-5
da camera, 180-5
conoide, 186
cronometro a molla, 185
gilda di orologiai, 179
meccanico, 182-3-4
mercurio, 179-181
molla, 189
con molla in dipinto borgognone, 185
a peso, 183-6
pendolo, 177
portatile, 185
ruota, dentata, oscillante, 180-185
a sabbia, 164
scappamento, 179, 180-1-2
a suoneria, 180
Oseberg, presso Oslo, arazzo con cavalli bardati, trovato su nave, 104
Ostia, Italia, mulo bardato in mosaico romano, 104
Ostrogorskij, esercito bizantino, 46, 76 n. 191
Oxfordshire, tiri d'aratro, 107

Pakistan, conquistato dai sassanidi, 31
staffa, 29
Palestina, macine, 171
Pannonia, invasione degli avari del 569, 36
Papin Denis (1647-1712), fucile ad aria, 158
Philosophical transactions, motrice a vapore, 158
Parigi, Apocalisse, rappresentazione di staffe, 38
Pastrengo Guglielmo da, *De originibus rerum* (1547), 226 n. 328
Pedale, 179
Pelliot, staffe, 31
Pendolo, 177, 219 n. 251
Pennoncello, 23
Pereg, staffe di, 65 n. 119
Pereslav, staffe, 31
Persiani, e arabi, 31
cerbottana per frecce, 157
pestello rotativo, 176
racconto sulla bussola, 190, 227 n. 351
trebuchet, 163
Pesce, 139 n. 194
Pestello, 219 n. 261
Pfahlheim, Württemberg, sepolture di cavalli, staffe e ferri da cavallo, 102
Pforzheim, Baden, giogo di garrese usato come stanga, 98
Pierre de Maricourt (1269),
macchina magnetica a moto perpetuo, 190, 228 n. 354 e n. 355
sfera magnetizzata, 191
Pietro de Crescenzi, *Liber ruralium commodorum*, 200 n. 107

Pietro di Puglia (1248), carro con ruote, 109
Pietro «fannulla», progetto di moto perpetuo, 226 n. 338
Pirenne Henri, *Mahomet et Charlemagne*, 120
Pirotecnica, 159, 201 n. 119 e n. 120
Pisanello, riproduzione di pompa e pistone azionata da ruota ad acqua, 174
Planetario, 181, 222 n. 295
ellenistico, ritrovato nel mare Egeo, 184
Plinio (m. 79),
aratro, 87
cibo lodato, 118, 139 n. 191
raccolti, 112
sega da marmo, 148
Polo, Maffeo, Marco, Nicolò, 164
Polonia, aratura, 98, 128 n. 68
bardatura di cavalli, 105, 133 n. 107
confronto tra costo del cavallo e quello del bue, 106, 134 n. 117
sistema di rotazione triennale, 117
Polvere da sparo, 159, 160-1-2-3, 178, 182, 201 n. 120, 220 n. 265
Pompe, ad aria, 162
a pistone, 168, 174
Pompei, ferro e bronzo, 84
Popolazione,
aumento in Europa, 109, 118
aumento in relazione alle nuove risorse di cibo, 117
Portogallo,
assedio di Lisbona (1147), 163
cannone, 161
pressione di vapore, 164
Procopio (565), descrizione del cavaliere armato, 24
Proprietà, responsabilità, 44
Proteine, v. Cibo, Raccolto
Prussia orientale, staffe, 35, 67 n. 172
Pseudo-Maurizio, 38
Strategikon, 34
Puleggia, 119 n. 261, 170

Rabano Mauro, proverbio franco sull'addestramento dei cavalieri, 44
Raccolto, prodotti agricoli, alica, avena, ceci, cereali, crescione invernale, fave, frumento, legumi, lenticchie, miglio, orzo, panico, piselli, rape, segale, spelta, 113, 121-2-3-5
Ramelli Agostino (1531-1590), *Le Diverse et artificiose macchine*, 193 n. 16
Ramsey, abbazia, tiri da aratro, 107
Razzi, 158
Reazione, principio della, 201 n. 118
Riḍwan (1200), 221 n. 281; trattato arabo sul moto perpetuo, 189, 226 n. 332
libro del 1203 e orologio astronomico, 181
Rinascimento, copisti e manovella, 169
disegno della vite di Archimede, 167
Roberto Anglico, (1271), trattato sugli orologi, 181
Roloff, confisca delle terre della chiesa, 27
Roma, romani,
agricoltura e raccolto, 113-7
aratri, v. Aratri
bardatura a giogo, 104
caduta dell'impero, 120
candele, 159
catapulte, 164
cibo degli schiavi di Catone, 118
cimitero presso Sant'Agnese, raffigurazione di una ruota ad acqua, 194 n. 19
coltivazione a strisce in Inghilterra, 92
coperta come sella, 22
fibula di bronzo da Colonia, 104
forza idrica, 146, 193 n. 18 e n. 19
legioni, 22
Levante, 120
manovelle, 167
mercato grano, 108
mosaico di Ostia con mulo bardato, 104
navi cerimoniali, 167
trasporti terrestri, 109
volani, 167
Rostovcev M., staffe, 22, 60 n. 84
Ruota, 174, 217 n. 232
albero, 173
azionata da manovella, 172-6, 217 n. 232
calcatorie, 174, 216 n. 229
a campana, 214 n. 215
dentata, 168
della Fortuna, 172
frenata, 180-6
ingranaggio, 180

magnetica, 191
a mercurio, 189
oscillante, 182
a pale, 174
a raggio, 169
rotula per fuso, 210 n. 183
con secchi a catena, 167
da vasaio, 210 n. 183
v. anche Aratro, Arcolaio, Carri, Energia idrica, Orologi

Saalburg, macine, 171
Saint-Amand Giovanni di, magnete, 191
Salimbene, fra', ruote di carro, 109
Salmanasar III, re assiro, porte assire di bronzo al British Museum, 29
Salnitro, 159, 162
Saltovo, Ucraina, staffa, 31
Samovar, 198 n. 72
Samson di Bury St. Edmunds, abate (1191), tiri d'aratro, 107
Sanchez-Albornoz Claudio, cavalleria in Spagna, 24
S. Ambrogio, Milano, pannello altare, 39
S. Bonifacio, cristianizzazione dei germani, 37
S. Gallo, Abbazia, Salterio d'oro, staffe, 31, 194 n. 26
S. Gallo, monaco di, Carlomagno e l'assalto di Pavia, (773), 85
Saraceni, cavalleria, 26
disfatta di Poitiers, 18, 25
lunga lancia, 39
polvere da sparo e artiglieria, 161
Sardegna, aratro pesante e campi aperti, 99
Sarmati, *clibanarius*, 23
staffe, 30, 60 n. 84
Sassanidi, conquista, 33
Scaffali rotanti, 151
Scandinavia, aratro pesante, 99
divisione terre, 97
sepolture di cavalli, 39
Schiavi, Asia centrale, diffusione di invenzioni meccaniche, 176
Schwarz Berthold, leggenda di, 203 n. 130
Secchi, catena di, 210 n. 181, 214 n. 215
azionata da pesi, 221 n. 281
Sega, da legno, da marmo, 148
Sella, 22, 32; arcione, 16, 22; pomello, 16
Serratura, molla a spirale, 185
Sfera a catena, regolatore a, 177
Sforza Ludovico (*m.* 1508), ordine di orologi pendenti, 185
Schmidmülen in Oberpfalz, maglio azionato ad acqua, 149
Siberia, bardatura di renna, 102, 133 n. 107
staffe, 32, 61 n. 86
Sifone, 189
Silchester, Inghilterra, scoperta di coltri a, 125 n. 21
Silvestro II (999-1003), papa, 154
Simmaco, corrispondenza con Ausonio,
Siria, aratri, 87, 92
artiglieria, 163
macine, 163
mulino a vento entro le mura a Krak des Chevaliers, 153
Slave, terre, e slavi, agricoltura e aratro, 94
invasione degli avari del 568, 94
terminologia dell'aratro, 94
sistema triennale, 117
Smithfield, Londra, mercato dei cavalli, 107
Soffiatori, 154, 198 n. 74
in forma di teste, 155
uso, 156, 299 n. 84 e n. 87
Spagna,
aratri con ruote, 91
astrolabio, 182
capo-palafrenieri, 57 n. 61
cavalleria, 24
feudalesimo, 24
influenza dei franchi sui metodi militari e armi, 47
musulmani, 25-6, 57 n. 55
Specchi, parabolici, 154
Spitsyn A., sulle staffe, 61 n. 87
Staffe, 15-6, 28-9, 30-1-3-5-7, 49, 78 n. 210
combattimento d'urto, 42-3, 49
datazione dell'arrivo in Europa occidentale, 39, 40
rappresentazioni di staffe, 29, 30, 38, 68 n. 145
termine per staffa usata dagli etiopi, 33
termine per staffa usata dai persiani, 31

Stenton F. M., addestramento del cavaliere, 44
Stephenson Carl, origini del feudalesimo, 24
Strabone, mulino ad acqua per il grano, 146
Strassburg, orologio meccanico del 1352, 223 n. 301
Strategikon, v. Pseudo-Maurizio
Sudanesi, affreschi, 64 n. 107
Svezia,
agricoltura, 93
sistema di rotazione triennale, 117
supporti metallici per collari da cavallo, 105
Szech'uan, Cina, mattone che mostra un carro a quattro ruote, tirato da cavalli in tandem, 91
Szegvár, staffe di, 65 n. 119
Szent-Endre, monete e staffe in tombe avare, 35, 65 n. 116

Taccola, Mariano di Jacopo, (xv sec.)
manovella composta e biella, illustrata in manoscritto (1441-58), 174-175, 216 n. 230
mulino a vento in taccuino inedito, 152
Perpetuum mobile, 189
Tamigi, staffe rinvenute nel, 78 n. 210
Telaio con pedale, 179
Templari, in Inghilterra, inchiesta del 1185 e allevamento cavalli, 107, 134 n. 128
Teofilo, volano, 176
Teplonkhov S.A., staffa, 31
Testimonianze filologiche
aratro e aratura, 87, 90, 95, 124 n. 16
bardatura, 104
bussola, 190
cerbottana, 157
derivazione di *duckingstool*, 207 n. 162
fuoco greco o polvere da sparo, 162
girabacchino, 215 n. 222
manico, 169
manovella, 169
spada, 94
terra, 96, 128 n. 63
trebuchet, 163
trivella, 174
Tibet,
cilindro orante, azionato da turbina, 157
influenza tibetana sull'arte medioevale, 157
regolatore a sfera e catena, 177
sufflatores usati nel, 198 n. 74
Tirmidhi Al- (m. 883, 93), staffe, 32
Tømmerby, Danimarca, aratro a telaio quadrangolare, 91
Tornio, 178
Torriani Giovanni (1529), riparazione dell'orologio di Giovanni de' Dondi, 184
Torsione in artiglieria, 163, 207 n. 164
Tornei, 45, 47
Transilvania, macchina per vagliare il riso, 166
Trapano, a peso, 167, 209 n. 177
chirurgico, 214 n. 217
apparecchio per la perforazione, 176
Trasporti, costo, 110
Trivella, 174
Trox-Smith R., sull'agricoltura anglosassone, 95, 96, 107, 127 n. 57, 128 n. 61
Tubi, 157, 160, 203 n. 135
Turca, usanza, di mozzare la coda ai cavalli, 62 n. 98
Turbina, 146
ad acqua, 157
ad aria calda, 176
azione a turbina sulle pale del mulino a vento, 151
nel camino per girare spiedi, 155
pompa azionata da turbina a vento, 199 n. 87
a vapore, 155
ruote della preghiera azionate da turbina, 157
Turchia
staffe in tombe, 30
trebuchet, 163
Turkestan, staffe, 33, 61 n. 91
cultura indiana nel, 30
Twyford Down, Inghilterra, coltivazioni a strisce, 125 n. 33

Ucraina, aratura a cavallo, 106
Ungheria,
archeologia, aratri, 34, 35
invasione magiara, 34
sistema rotazione triennale, 116

Urbano II, papa (1088-99), 107
Usāmah ibn Munqidh, citato a proposito del combattimento con lance, 51 n. 9
Usher A. P., *History of Mechanical Inventions*, 211 n. 191
Ussite, guerre, ingegnere, 174
Utrecht, Salterio, prima manovella e prima mola, 172

Valente, imperatore (364-78), cavalleria e disfatta alla battaglia di Adrianopoli, 21
Valerio Flacco, lancia, 23
Valturio Roberto (m. 1484), 174, 215 n. 219
De re militari, 217 n. 234
Veeck W., staffe in Germania, 36, 37
Vegezio (383-450), 29
Velocità, differenziale, 179
Venanzio Fortunato, *Carmina*, menzione di mulini per il grano, 194 n. 23
Vento, forza del, ruote della preghiera tibetane, 157
v. anche Mulini a vento
Vesselovskij N., a proposito di staffe, 60 n. 84
Vetri, dipinti, rappresentazioni di telai a pedale nel XII sec., 177
v. anche Chartres
Vetulonia, ritrovamento di macine, 171
Vichinghi, incursioni, 116
Viecht presso Schwarz, abbazia tirolese di, mulini ad acqua, 195 n. 34
Villard de Honnecourt (1235), cassa per orologio, 178
interesse per moto perpetuo, 189
ruote imperniate con martelli e con tubi di mercurio, 189
sega idraulica, 148
Virgilio (70 a. C.-19 d. C.) agricoltura e raccolti, 113
aratro, 90, 124 n. 16
teste d'ottone, 155
Visigoti, alla battaglia di Adrianopoli (378), 21
cavalleria, 21
in Spagna, 120
Vita Hludouici imperatoris, 131 n. 89
Vite, di Archimede, 159, 214 n. 215
senza fine, per navi, 138
Vitruvio (I sec. a. C.), pressione di vapore, 154
organo ad acqua, 211 n. 192
ruota idraulica, 147, 152
traduzione di Cesariano e soffiatori, 155

Walter of Henley,
sistema di rotazione triennale, 137 n. 171
tiri da aratro, 106, 133 n. 145
Werner J., tombe avare, 35
Wheeler, sir Mortimer, ferri da cavallo al Maiden Castle, 102
macine, 212 n. 203
mole, 213 n. 205
Wilflingen, Württemberg, ritrovamenti di staffe, 37
Wilkins J. (1066-87), fucili ad aria, 158

Yale, Università, macina, 171
Yen Meng-te (m. 1148), scaffali ruotanti, 151
Yorkshire, devastazione del 1069, 97

Zaccaria, papa, (741-52), 18